

Temperatursensor i øyremerke hos sau

Eit forprosjekt for å studere ny teknologi for varsling av sjukdom hos dyr på beite

NORSØK RAPPORT | VOL. 5 | NR. 16 | 2020



Kristin M. Sørheim (NORSØK), Unni Støbet Lande (NIBIO), Oscar Hovde Berntsen (Nofence AS),
Kjell Bratbergsengen

TITTEL

Temperatursensor i øyremerke hos sau. Eit forprosjekt for å studere ny teknologi for varsling av sjukdom hos dyr på beite.

FORFATTERE(E)

Kristin Marie Sørheim, Unni Støbet Lande, Oscar Hovde Berntsen, Kjell Bratbergsengen

DATO:	RAPPORT NR.	Open	PROSJEKT NR.:	
31.12.2020	Vol 5/nr 16/2020		Prosjektnr 296042 RFF Møre og Romsdal	
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG:
978-82-8202-116-6			Antall sider 56	Vedlegg 3

OPPDRAUGSGIVER:

Regionalt forskingsfond Møre og Romsdal

KONTAKTPERSON:

Kristin Marie Sørheim

STIKKORD:

Sau, temperatursensor, sjukdom, velferd

Sheep, temperature sensor, animal welfare

FAGOMRÅDE:

Landbruk, veterinærmedisin, teknologi

Precision animal farming

SAMMENDRAG:

Regionalt forskingsfond Møre og Romsdal har finansiert eit kvalifiseringsstøtteprosjekt for å undersøke om ein temperatursensor i øymerke til sau kan ha potensiale som varslingssystem for sjukdom. Det er arbeidskrevjande og vanskeleg å oppdage sjukdom hos dyr på beite. Teknisk innovasjon vil vere ein viktig nøkkel for å nå dette målet. Tidleg påvising av sjukdom eller andre hendingar med eksakt kunnskap om tid og stad kan legge til rette for førebyggjande tiltak, både for sau og andre husdyr. Prosjektet er gjennomført i samarbeid med teknologibedrifta Nofence AS, NIBIO og prof. emeritus. Kjell Bratbergsengen (NTNU).

Vi har registrert temperatur målt i øyret med ein termistorsensor, utetemperatur er målt og dyret sin kjernetemperatur er målt med ein tempertursensor sett under huda på to sauer våren 2019, og manuelle målingar i endetarmen på tre dyr hausten 2020. Vidare har vi brukt data frå andre prosjekt der prosjektgruppa har arbeidd med å måle kroppstemperatur på vaksne sauer og på lam, med sensorar operert under huda, i bukhola eller lagt i vomma.

På bakgrunn av eigne resultat og litteraturgjennomgang har vi vurdert at varsling om feber bør setjast til 40,5 °C viss temperaturen held seg så høg i minst 6 timar for lam og 40 °C for vaksen sau. Ein temperatursensor plassert i eit øymerke kan gjere det mogleg for bonden sjølv å sette inn denne, og den kan produserast til ein akseptabel pris. Teknisk sett er moglegheitene for ein saumlaus integrasjon til stades mellom HerdDogg temperatursensor og t.d. Nofence. Vi meiner det

ideelle er ei hierarkisk system der sensorane sender beskjed til ein lokal «hub» på kvart dyr, og at denne huben kommuniserer med eit sentralsystem, som Nofence eller andre kan utvikle.

Det er ikkje god nok samanheng mellom temperaturen som blir målt i øyresensoren og kroppstemperaturen til å varsle små endringar i kroppstemperatur. Vi har gjennomført utprøvinga innandørs under lite ekstreme temperatursvingingar, og resultatene syner ein indikasjon på at vi kan oppdage temperaturendringar på ca. 1 °C. Vi ser at det er stor skilnad på forhold mellom kroppstemperatur og den målte øyretemperaturen hos dei ulike dyra, og vi har ikkje fått testa øyresensoren på sjuke dyr eller under meir ekstreme utandørs temperatur- og vêrforhold. Vi kan difor ikkje konkludere med at øyresensoren kan varsle om temperaturendring på t.d. 1 °C under beiteforhold, noko vi meiner er nødvendig for å oppdage sjukdom.

Vi meiner likevel forprosjektet har gjeve ein del lovande resultat og eit godt grunnlag for vidare arbeid med etablering av eit sanntids overvakingssystem for sjukdom av sau på beite, basert på øyretemperaturmålingar.

Vår anbefaling er at det bør utviklast individuelle normalprofil for dyra. Ideen er at det skal vere avvik frå det normale - observert over tid som skal gje varsel om sjukdom eller behov for tilsyn. Da vert kalibrering av utstyret mindre viktig. Ein treng heller ikkje måle kjernetemperatur, men ein temperatur som svingar i takt med kjernetemperaturen, men utan at den vert for mykje påverka av endra ytre tilhøve som regn, sol, vind mm. Det er heilt nødvendig at det blir utvikla ein temperaturprofil over døgnet som gjeld for kvart einskild dyr. Profilet skal gjelde for eit dyr som ikkje er sjukt eller stressa, og blir difor kalla «normalprofil»:

Vi tilrår å gå vidare med å utvikle ein øyretempertursensor som kan måle temperaturen inne i øyregangen eller ein sensor som plasserast under huda eller ein øyremerkesensor som kan beskyttast betre mot store endringar i utetemperatur og mot luft og fukt.

Funna frå prosjektet kan takast vidare i eit kommersialiserings- og innovasjonsarbeid for bedrifter som ønskjer det. Det er framleis eit forskingsbehov knytt til forbetring av øyretempertursensoren, mellom anna for å undersøke endringar i øyretemperatur ved høg feber eller svært låg kroppstemperatur. Dette må skje som eit kontrollert dyreforsøk der dyra blir påført stoff som gjev feber, og det må vere eit så stort dyretal at ein kan få verifisert målingane og systemet statistisk.

SUMMARY:

This pilot study was performed to explore the potential for continuous temperature measuring in living animals by ear tag temperature sensors, and to see if the sensors can communicate in real time with the GPS based fencing system Nofence. In this study this was limited to test ear sensors in sheep. The project was funded by Regionalt forskingsfond Møre og Romsdal.

Partners are Nofence AS, NIBIO and. Prof. emeritus Kjell Bratsbergsengen (NTNU).

We have tested the HerdDogg eartags with their thermistor sensors and we found that the measured ear temperature is very dependent on the ambient temperature, and that there are individual differences between the animals in the correlation between ear temperature and core temperature, in our study measured by a subcutaneous StarOddi sensor and manually rectal temperature measurements. From our preliminary data we are not sure if we will be able to detect changes of 0,5-1°C, which we need to discover diseases. We propose to develop individually normal temperature profiles and report deviation from this normal profile, because this will be

more reliable to know if the animal is sick, and it will also be easier to send signals and alarm. We also recommend further research and work to look at sensors that can be placed in the ear canal or subcutaneous, or the thermistor used in our experiment could be more protected against external air, humidity and temperature.

LAND: Norge
FYLKE: Møre og Romsdal
KOMMUNE: Tingvoll

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

PROSEKTLER

Kristin Marie Sørheim

NAVN

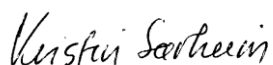
Forord

NORSØK har fått støtte frå Regionalt forskingsfond Møre og Romsdal til eit kvalifiseringsprosjekt for å undersøke om det er mogleg å måle temperatur hos sau – eller andre dyr – med ein sensor knytt til eit øyremerke. Formålet er å sjå om ein kan registrere sanntids informasjon om temperaturutviklinga hos dyret og bli varsla tidleg om det er teikn til sjukdom.

Prosjektet er eit samarbeid med teknologibedrifta Nofence AS. Nofence har utvikla eit system for inngjerding av dyr med ein klave som varslar dyret gjennom lyd- og straumsignal dersom dyret nærmar seg det fastsette beitearealet. Nofence vurderer om det kan koplast fleire funksjonar til klaven, og dermed gjere systemet enda meir aktuelt for bønder med husdyr på beite.

NORSØK takkar for støtta og viser til at forprosjektet er eit godt grunnlag for vidareføring gjennom eit større forskingsprosjekt, der teknologien blir utvikla vidare og der ein får verifisert om teknologien er påliteleg nok og om dei varslingsstemperaturane vi foreslår er med og reduserer tap på grunn av sjukdom.

Tingvoll, 31.12.2020



Kristin Marie Sørheim

Innholdsliste

1	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål og delmål.....	5
2	Nofenceklaven som bru mellom øyretempersensor og skya.....	6
3	Utforming og plassering av eit øyremerke med tempersensor	8
3.1	Materiale og metode	8
3.1.1	HerdDogg øyremerke med tempersensor	8
3.1.2	Referansetemperatur	9
3.1.3	Dyremateriale	10
3.1.4	Plassering av øyresensor	10
3.1.5	Praktiske utfordringar.....	11
3.2	Temperaturmålingar	12
3.2.1	Resultat frå utprøving våren 2019	12
3.2.2	Resultat frå utprøving hausten 2020	13
3.2.3	Forholdet mellom ytre temperatur og øyretemperatur	13
3.2.4	Forholdet mellom øyretemperatur og kjernetemperatur.....	14
3.3	Detaljanalyse av tre sauer.....	15
3.3.1	Sau 60051	15
3.3.2	Sau 70071	18
3.3.3	Sau 50056	20
3.4	Vurderingar og nye hypoteser	22
3.5	Påverknad på dyret	22
4	Indikator for varsling	24
4.1	Korleis måle og vurdere kroppstemperatur hos sau	24
4.2	Resultat frå forsøk med kontinuerleg temperaturmåling på sau og lam	25
4.2.1	Kva påverkar temperaturen?.....	26
4.2.2	Utvikling av individuelle normalprofil.....	26
4.2.3	Temperatur ved fødsel	28
4.2.4	Temperaturkurver for lam med sjodogg	29
4.2.5	Varslingstemperatur	31
5	Diskusjon	33
5.1	Teknologiske moglegheiter	33
5.2	HerdDogg og Nofence	33
5.3	Sensorutfordringa	34
5.4	Systemtopologiar	34
6	Konklusjonar.....	36
7	Referansar	37

Figurliste

Figur 1. Temperaturkurve DoggTag (x-akse dagar, y-akse temperatur i Fahrenheit)	11
Figur 2. Aktivitetskurve DoggTag (X-akse dagar, y-akse aktivitetsmål).....	11
Figur 3. Lysstyrke DoggTag (X-akse dagar, y-akse lux)	12
Figur 4. Samanheng mellom utetemperatur(x-akse) og øyretemperatur for sau 60051 (y-akse).....	15
Figur 5. Målt øyretemperatur for 60051. Kvar serie gjeld for ein dag.....	16
Figur 6. Utetemperatur som skal samanstillast med målingene av øyretemperaturen.....	17
Figur 7. Berekna kjernetemperatur. Observer målestokken for y-aksen.....	17
Figur 8. Samanheng mellom utetemperatur(x-akse) og øyretemperatur for sau 70071 (y-akse).....	18
Figur 9. Målte øyretemperaturar for sau 70071.	18
Figur 10. Målte utetemperaturar for sau 70071.	19
Figur 11. Berekna kjernetemperaturar for sau 70071. Ein serie for kvar dag.	19
Figur 12. Samanheng mellom utetemperatur(x-akse) og øyretemperatur for sau50056 (y-akse).....	20
Figur 13. Målt øyretemperaaur for sau 50056.	20
Figur 14. Målt utetemperatur for sau 50056.....	21
Figur 15. Berekna kjernetemperatur for sau 50056 Ein serie for kvar dag.	21
Figur 16. Døme på normalkurve for sau.....	27
Figur 17. Døme på utvikling av normalkurve for lam.....	28
Figur 18. Temperatur målt i vom og under huda, i tida rundt fødsel.	29
Figur 19. Serie 1 til 3 gjeld målte temperaturar, serie 4 til 6 syner lammets berekna normalprofil....	30
Figur 20. Lam nr. 60111.....	30
Figur 21. Lam nr 60026.....	31

Bildeliste

Bilde 1 HerdDogg øyremerke med sensorar («DoggTag») Foto: Kristin Sørheim.	9
Bilde 2 Frå innsetting av StarOddi MilliCT på sau. Foto: Peggy Haugnes.	9
Bilde 3. Ingen teikn til sår eller skade	23

Tabelliste

Tabell 1. Gjennomsnittsmålingar og korrelasjonskoeffisientar	12
Tabell 2. Gjennomsnittsmålingar og korrelasjonskoeffisientar	13
Tabell 3. Viser $T\emptyset/TY$ og $TR(TO)/T\emptyset$ med standardavvik og konfidensintervall.....	14

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Regionalt forskingsfond Møre og Romsdal har finansiert eit kvalifiseringsstøtteprosjekt for å undersøke om ein temperatursensor i øyremerke til sau kan ha potensiale som varslingsystem for sjukdom. Det er arbeidskrevjande og vanskeleg å oppdage sjukdom hos dyr på beite (Norsøk Rapport, Vol.1/Nr.4/ 2016). I dei fleste tilfelle er det også umogleg å fastslå dødsårsak, sidan kadavera ikkje blir funne. For å oppretthalde berekraft, dyrevelferd og økonomisk lønsemd i norsk sauehald, må talet på tapte beitedyr reduserast. Teknisk innovasjon vil vere ein viktig nøkkel for å nå dette målet. Tidleg påvising av sjukdom eller andre hendingar med eksakt kunnskap om tid og stad kan legge til rette for førebyggjande tiltak, både for sau og andre husdyr.

Bedrifta Nofence AS har utvikla eit system for inngjerding av dyr med ein klave som varslar dyret gjennom lyd- og straumsignal når dyret nærmar seg ei fastsett grense (www.nofence.no). Denne klaven kan ha potensiale til å kopla til seg ein sensor for temperaturmåling eller andre typar sensorar. Dersom ein lykkast med å kople all informasjon i sanntid, kan ein gjere beitebruk både på inn- og utmark langt mindre arbeidskrevjande, og ein kan redusere dei store tapa av dyr på beite.

Temperaturendringar hos eit dyr kan vere eit teikn på sjukdom. Det er særleg infeksjonssjukdommar med bakteriar eller virus som kan gje høg temperatur (feber). Somme infeksjonssjukdommar vil spreie seg raskt og kan gje store lidningar for dyra og økonomisk tap for bonden. Dette har mellom anna fått stor merksemd i storfekjøttproduksjonen i U.S.A. for sjukdommen Bovine Respiratory Disease (BRD). Dette er bakgrunnen for at det er gjort fleire forsøk på utvikla system for å registrere høg feber på eit tidleg stadium av ein virussjukdom, slik at ein kan hindre smittespreiing og redusere tapa (Davis et al. 2003;Eigenberger et al 2008; Ashe 2018; Helwaktar 2014).

I eit forsøk ved University of Kentucky i 2003, vart det målt temperatur med ulike metodar på fire Angus-kastratar i 6-9 dagar og med ulik ytre temperatur (15 °C, 20 °C, 30 °C). Temperaturen vart målt i endetarmen, i øyregangen, på ytre øyre og frå ein sensor operert inn i buken. Det viste seg å vere god korrelasjon mellom dei ulike metodane, høgast mellom temperaturen i endetarmen og inne i øyregangen og lågast korrelasjon mellom temperatur målt på ytre øyre og dei andre målingane. Temperaturen frå ytre øyre låg om lag 2 °C under dei andre målingane. Øyretemperaturen endra seg mest ved lågare temperatur i rommet, og for nokre dyr viste den ei endring i temperatur som viste seg å ha samband med kvar dyra oppheldt seg i rommet eller knytt til aktivitet som høgtrykksvasking av bingen. Målingane frå dei andre sensorane på same dyr viste ikkje slik variasjon (Davis et al. 2003).

I eit anna forsøk viste det seg at øyresensorar ikkje ga pålitelege resultat for påvising av feber hos kalv (McCorkell 2014).

Tidlegare forsøk ved NORSØK og NIBIO på Tingvoll har vist at det i fleire kyststrøk er store tap av lam på beite på grunn av sjukdommen sjodogg. Denne sjukdommen startar med høg feber. Dersom ein kan oppdage sjukdommen på eit tidleg tidspunkt kan ein redusere tap og lidingar for dyra (Grøva et al. 2013, Sørheim 2009, 2010). Det kan også vere mange andre sjukdommar hos både lam og vaksen sau, som kan gje feber. Individuell overvaking av dyr på beite, og særleg på utmarksbeite, er vanskeleg med tanke på tidleg registrering av sjukdom. Utvikling av teknologi for sanntids overvaking av husdyr har difor vorte eit satsingsområde innafor forskning og innovasjon. For at ny teknologi skal takast i bruk, må den vere både praktisk å bruke for bonden og ha ein pris som gjer det lønsamt.

1.2 Mål og delmål

Hovudmålet for dette prosjektet var å undersøke om temperatursensor i øyremerke kan ha potensiale som varslingsystem for sjukdom hos husdyr.

Delmål var å:

- utgreie potensialet for å utvide Nofenceklaven sitt bruksområde med ein temperatur-sensor
- definere optimal storleik, utforming og plassering av eit øyremerke med temperatur-sensor
- etablere indikatorar for varsling av sjukdom eller skade frå eit sensorbasert overvakingssystem

Prosjektet har vore gjennomført i eit samarbeid mellom bedrifta Nofence AS, NIBIO, NORSØK og prof. emeritus Kjell Bratbergsengen ved Institutt for datateknologi og informatikk ved NTNU.

Nofence AS skulle undersøke om det var mogleg at ein temperatursensor som var plassert i eit øyremerke kunne lagre og overføre målingar i sanntid til Nofence-klaven. NORSØK og NIBIO har gjennomført testing av temperaturmålingar frå sensorar i HerdDogg øyremerke. Gjennom litteraturgjennomgang og resultat frå eigne forsøk har vi undersøkt utforming og plassering av øyremerke med sensor og vurdert kva temperatur som bør setjast som varslingsindikator for mogleg sjukdom. Bratbergsengen har vurdert teknologien og utvikla modellar for berekning av kjernetemperatur og normaltemperaturprofilar på bakgrunn av innsamla data.

2 Nofenceklaven som bru mellom øyretempertursensor og skya

For Nofence er det eit mål å kunne gje dyreeigar kontinuerleg innsikt i dyras helse, velferd og produksjon, både i fjøset og på beite, men særleg når dei er på beite. Nofence meiner dyra har det best og kan utøve mest naturleg åtferd når dei er ute og beiter. Den teknologiutviklinga vi har sett til no har ført til at dyra i stadig større grad oppheld seg inne i fjøsbygningar, fordi det er enklast og minst arbeidskrevande for bonden og det gir stor grad av kontroll. Overvaking av husdyr på beite, og særleg på utmarksbeite, er krevjande. Det er store tap på grunn av ulike årsaker av husdyr på beite, særleg sau.

Nofence utviklar teknologi som verkar like godt på beite som inne i fjøs. Nofence opplever teknologien som unik, og erfarer at det er fleire produsentar av ulike typar sensorar som ønskjer å sjå på moglegheita for å kommunisere data frå sensoren utan ekstra «gateway». Herddogg er ein av produsentane som ser på korleis dette kan utviklast.

Nofence ser at det kan vere store gevinstar for betre dyrevelferd og auka verdiskaping for bønder om ein greier å utvikle produktet slik at det gjev større innsikt i helse- og velferd hos det enkelte dyret. Velferdsteknologien er i stor framgang, både på humansida og på husdysida. Det er mange ulike fysiologiske parametrar som kan gje informasjon om helsetilstand, slik som temperatur, hjartefrekvens, blodsukker, ketonstoff, oksygenmetting i blodet, kortisol i blodet osv. Kroppstemperatur, eller kjernetemperatur, er ein god indikator på mange infeksjonssjukdommar, på stress eller på at fødsel nærmar seg, for å nemne noko. Temperaturmåling er eit av dei viktigaste kriterier ved ei klinisk undersøking. Difor er varsel om temperaturendring noko av det første ein tenkjer er relevant å få varsel om for å vurdere helsetilstand. Om det er mogleg å måle og varsle endringar i kroppstemperatur gjennom å måle temperaturen i øyret, er problemstillinga i dette prosjektet og bakgrunnen for Nofence si deltaking. Nofence ønska nokre tydelege indikasjonar på at dette gjev betre innsikt i helsetilstanden til dyra.

Ifølgje HerdDogg¹, kommuniserer øyremerka data via ein lågeffekts radiolink. Dette blir gjort med kommunikasjonsstandarden Blåtann (Bluetooth). Realisering ved brikke nRF52xxx², som er eit komplett datasystem inklusive kommunikasjon, på ein brikke: SoC – System on a Chip. Nofence-klavane kommuniserer også over Bluetooth, og brukar faktisk dei same brikkene. Teknisk sett er difor moglegheitene for ein saumlaus integrasjon til stades. Det er ikkje behov for ei endring av det fysiske produktet for at dette skal kunne implementerast. Men data som blir sendt frå øyremerka er kryptert, og det er difor nødvendig å utarbeide eit avtaleverk med HerdDogg for å kunne starte utvikling av ei integrasjonsløyising. Det må også gjerast tilpassingar i programvaren på begge einingane.

Teknisk sett er det ingen hindringar i å integrere Nofence-systemet eller andre system - med øymerke frå HerdDogg. Men dette er openberre strategivurderingar som må gjerast av bedriftene. Alternativa er å gå i partnarskap, utvikle eigne sensorar eller utvikle ein open plattform som kven som helst av sensorprodusentar kan knyte seg til.

3 Utforming og plassering av eit øyremerke med temperatursensor

3.1 Materiale og metode

Dei spørsmåla vi stilte oss var:

- kan ein temperatursensor i øyremerke måle kroppstemperatur kontinuerleg og over tid hos sau?
- kvar og korleis skal temperatursensoren plasserast på øyret?
- vil øyremerket med sensor gje skade eller ubehag for dyret?

3.1.1 HerdDogg øyremerke med temperatursensor

Nofence etablerte kontakt med firmaet HerdDogg i USA. HerdDogg er eit patentert system med velferdsmerke utforma som eit øyremerke (DoggTag). Kvart øyremerke er gitt eit unikt identitetsnummer, og det har sensorar som registrerer ulike funksjonar, som temperatur, aktivitet og posisjon. Via Bluetooth leverer DoggTag data til ein avlesar (DoggBone*reader) eller ein avlesar på mobiltelefonen. Plattformen analyserer data, og alle opplysningar om det individuelle dyret kan lagrast i ein database. DoggTag blir sett inn i øyret på storfe med ei standard merketang.

Vi valde å bruke dette produktet vidare i vårt prosjekt. Sensorane i øyremerket måler lufttemperatur (på utsida av øyret), øyretemperatur (på innsida av øyret), aktivitet (akselerometer) og lysstyrke. Vekta på eit merke er 18 gram. Sensoren er ein termistor (motstand som endrar seg med temperaturen), dekt med eit materiale for å hindre fukt og ytre skade. Vi har ikkje anna tilgang til kalibrering av sensoren i forhold til andre temperatursensorar enn det HerdDogg har gjort.

Data frå DoggTag kan lastast inn på ein applikasjon på mobiltelefonen (<https://app.herddogg.com/alarm/animals?tab=list>) eller på avlesingsutstyr fastmontert i binge eller ved ein fôringsstasjon på beite (DoggBone). Lagringskapasiteten i DoggTag er fem dagar, så blir data overført og lagra i skya (ein sentral database).



Bilde 1 HerdDogg øyremerke med sensorar («DoggTag») Foto: Kristin Sørheim.

3.1.2 Referansetemperatur

Storleiken og tyngda på desse øyremerka var slik at vi ikkje kunne bruke dei på lam, så vi valde å prøve dei ut på fem vaksne søyer våren 2019 og tre vaksne søyer hausten 2020. Temperaturen målt i øyret må samanliknast med ein sikker referanse for kroppstemperaturen, og vi valde å operere inn ein StarOddi MilliCT-temperatursensor (www.star-oddi.com) under huda på halsen på dei fem søyene våren 2019. Dette er ein metode som vi har prøvd ut i tidlegare prosjekt, og som gir ein god indikasjon på kjernetemperaturen til dyret (Fuchs et al. 2019).

Som referansetemperatur hausten 2020 brukte vi manuelle målingar med kvikksølvtermometer i endetarmen to gonger dagleg. Dette er også ein god indikator på kroppstemperaturen, og den metoden som blir bruka i vanleg praksis i husdyrhaldet.



Bilde 2 Frå innsetting av StarOddi MilliCT på sau. Foto Peggy Haugnes.

3.1.3 Dyremateriale

Våren 2019 valde vi ut fem vaksne søyer av rasen norsk kvit sau (NKS), med forventet lamming frå 16. april til 26. april og alder mellom to og fem år. Avlesing av DoggTag var frå 12.april til 29.april. Temperaturen vart lest av kvart 6.minutt og blir målt i Fahrenheit. Omrekningsfaktor til Celcius er: $C = (F - 32)/1,8$. StarOddi-sensoren registrerte temperatur heilt fram til innsett om hausten.

Hausten 2020 valde vi ut tre vaksne søyer av same rase (NKS), alder 1,5 – 5 år. Avlesing av DoggTagg var frå 18. november til 11. desember. Kroppstemperatur vart målt to gonger dagleg i 10 dagar denne perioden.

3.1.4 Plassering av øyresensor

Vi ønska å registrere temperaturen i blodet som strøymer gjennom øyret. Øyremerka var utforma til storfe og var litt vanskeleg å feste på ein slik måte at dei vart tett nok inntil øyret på sauene. Vi brukte ei vanleg øyremerketang for sau og litt tape og skumgummi for å få merka til å sitte så tett inn til huda som mogleg. Temperatursensoren vart plassert over den mest tydelege blodåra på indre øyrebrusk. Alle fem sauene vart plassert i same bingje i fjøset fram til lamming. Bingen hadde eit areal på 7,5 m². Ved lamming vart dei flytta i enkeltbingje og gjekk der så lenge vi registrerte øyretemperaturen på DoggTag.

Hausten 2020 sydde vi merket fast til øyret med kirurgisk tråd for å sjå om dette ville gje betre kontakt med blodåra i øyret. Merka har sitte godt fast inn til øyrebrusken, men det var ikkje lufttett mellom merke og hud og det var og mogleg at det kunne komme fukt inn mellom merket og øyrebrusken

Det har ikkje vore sår, skade eller ubehag av nokon av metodane for festing av merka.

Tyngda på merka var ikkje noko problem til vaksen NKS.



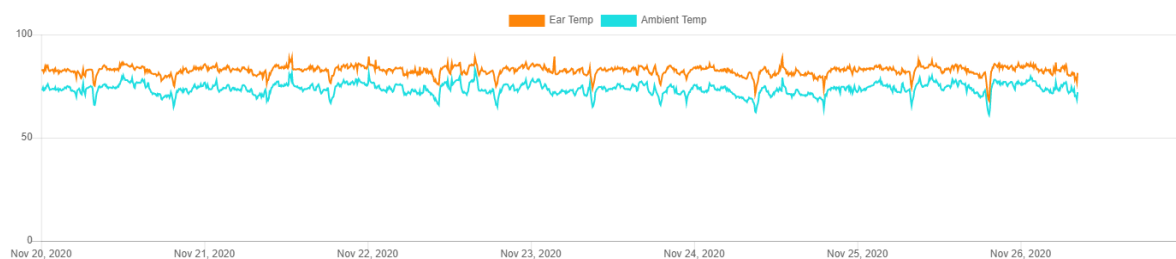
Bilde 3. Innsetting av øyremerke med tang. Foto Unni Støbet Lande.

3.1.5 Praktiske utfordringar

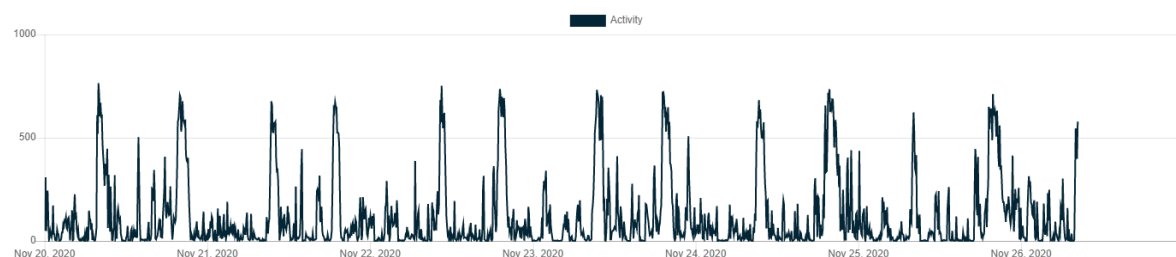
Vi hadde ein del praktiske problem med å sikre oss data frå øyremerka våren 2019. Mellom anna fekk vi ikkje tak i avlesingsutstyr som kunne plasserast i bingen (DoggBone), slik at vi mista lagring av data nokre dagar. I løpet av sommaren mista vi ein sau på beite og to andre mista sensoren som var operert inn under huden. For å få fleire data, ville vi sette inn øyremerke på fleire sauer, men det viste seg da at det ikkje var mogleg å legge inn dei tilsendte øyremerka i systemet. Vi tok kontakt med firmaet i USA for å få nye øyremerke og få tilsendt avlesingsutstyr (DoggBone) som vi kunne installere i bingje eller på beite i sesongen 2020. På grunn av koronasituasjonen var det vanskeleg å få kontakt med HerdDogg og vi fekk ikkje ekspedert utstyret til Norge før i oktober 2020. Vi valde da å gjennomføre eit forsøk med tre sauer i tillegg til dei registreringane vi hadde frå våren 2019. Somme av registreringane frå DoggTag både i 2019 og 2020 fekk vi ikkje lasta ned. Eitt øyremerke i 2019 og eitt i 2020 slutta å fungere om lag ei veke før vi avslutta prosjektet. Likevel meiner vi at forsøket gjev eit godt nok bilde av potensialet for bruk av øyretempersensor og kva som trengst for vidare utvikling.

Eksempel på kva HerdDogg-appen viser

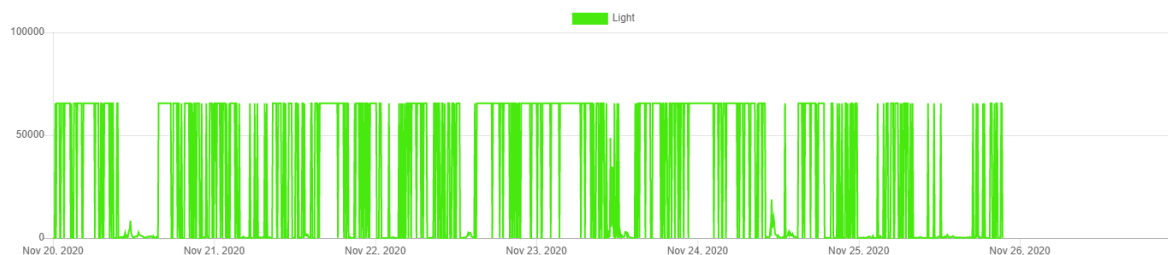
På figurane nedanfor viser vi korleis bonden kan lese av temperatur, aktivitet og lysstyrke frå øyremerket til kvart dyr på sin app på mobiltelefon eller PC. Lysstyrke er ikkje noko vi har nytta i vårt forsøk, men for overvaking av dyra sin aktivitet både innan- og utandørs kan det vere av interesse.



Figur 1. Temperaturkurve DoggTag (x-akse dagar, y-akse temperatur i Fahrenheit)



Figur 2. Aktivitetskurve DoggTag (X-akse dagar, y-akse aktivitetsmål, eininga ikkje oppgitt av HerdDogg)



Figur 3. Lysstyrke DoggTag (X-akse dagar, y-akse lux)

3.2 Temperaturmålingar

3.2.1 Resultat frå utprøving våren 2019

Temperaturmålingane frå forsøket våren 2019 ga oss ein serie med målingar frå øyret, frå lufttemperaturen ute og frå den subcutane sensoren som var operert inn og som målte kroppstemperatur (kjernetemperatur). Øyresensoren viste ikkje kroppstemperaturen hos sauene. Øyretemperaturen varierte med lufttemperaturen og var om lag 16,4 °C lågare enn kroppstemperaturen og lufttemperaturen var om lag 8 °C lågare enn den målte øyretemperaturen.

Tabell 1. Gjennomsnittsmålingar og korrelasjonskoeffisientar

ID	Gj.snitt TO °C	Gj.sn TØ °C	Gj.sn. TY °C	Korrela- sjon TØ-TY	Korrela- sjon TO-TØ
60051	*	25,9	19,8	0,96	*
50126	*	27,8	20,6	0,89	*
70071	37,1	30,2	19,8	0,86	0,42
50056	*	27,7	19,1	0,95	*
40030	37,8	28,3	20,9	0,87	0,31

TO= temperatur målt med StarOddi sensor subcutant

TØ= temperatur målt med sensor i øyret

TY= lufttemperatur målt med sensor i øyremerket

* Manglar data

3.2.2 Resultat frå utprøving hausten 2020

Temperaturmålingane frå øyret ved forsøket hausten 2020 viste også vesentleg lågare temperatur enn kjernetemperaturen, målt i endetarmen, i gjennomsnitt 13,48 °C.

Øyretemperaturen varierte med lufttemperaturen, avlesen på utsida av øyret med DoggTag sensor. Vi registrerte også lufttemperaturen i bingen der sauene gjekk med to klimaloggarar plassert i 1,5 meter høgde, den eine ved drikkenippel, den andre ved fôrbrettet.

Tabell 2. Gjennomsnittsmålingar og korrelasjonskoeffisientar

ID	Gj.sn TR °C	Gj.sn TØ °C	Gj.sn TY °C	Korrelasjon TØ/TY	Korrelasjon TR/TØ
50056	38,3	23,6	17,4	0,98	0,53
90117	38,3	24,7	19,2	0,67	0,37
90102	38,4	24	16,1	0,83	-0,12
Alle	38,35	24,1	18,1	0,84	0,45

TR= temperatur målt med termometer i endetarmen (rektum)

TØ= temperatur målt med sensor i øyret

TY= lufttemperatur målt med sensor i øyremerket

3.2.3 Forholdet mellom ytre temperatur og øyretemperatur

I forsøket våren 2019 har vi 3030 målingar frå øyresensoren frå kvar av dei fem forsøkssauene. Hausten 2020 har vi 1430 målingar for to dyr og 445 målingar for eitt dyr frå øyresensoren. Temperaturen er målt kvart 6.minutt. Ingen av dyra viste sjukdom i desse tidsromma, så vi har ikkje registrering av unormalt høg eller låg temperatur.

For eitt dyr hausten 2020 (ID 50056) varierte temperaturen svært mykje og var heilt nede på 10,1 °C i siste del av forsøksperioden. Variasjonen var rytmisk og temperaturen var lågast tidleg om morgonen, frå om lag kl. 4-6 til om lag kl. 10-11 på formiddagen. For alle dei andre dyra, både i 2019 og 2020, var det mindre variasjonar. Vi har ikkje noko god forklaring på denne variasjonen, eventuelt kan dyret ha ligge med øyret nede på strekkmetall golv eller søla vatn frå drikkenippel, noko som har medført nedkjøling av øyret (ref. Davis, 2003).

Forholdet mellom øyretemperaturen og den ytre temperaturen var 1,18 om hausten 2020 og 1,21 om våren 2019 når vi reknar med alle registreringar og samanliknar dei parvis.

Temperaturkurvene for øyresensoren (målt på innsida av øyret) og ytre temperatur (målt med sensor i øyremerket, på utsida av øyret) for alle forsøksdyra er vist i vedlegg 1.

3.2.4 Forholdet mellom øyretemperatur og kjernetemperatur

For å finne ut om øyretemperaturen kan nyttast til å seie noko om kroppstemperaturen, har vi samanlikna øyretemperaturen med to ulike andre målingar som referansetemperatur: med subcutan sensor frå StarOddi våren 2019 og med manuelle målingar med kvikksølvtermometer i rektum hausten 2020.

Forholdet mellom kroppstemperatur målt i endetarmen (TR) og med StarOddisensor (TO) og øyresensortemperaturen (TØ) er analysert for kvart individ (parvis samanlikning for kvart måletidspunkt) og for alle målingane samla. Gjennomsnitt, standardavvik og konfidensintervall er rekna ut. Fordi det eine dyret hadde uforklarleg store svingingar i målingane mot slutten av perioden, er slike «outliers» fjerna i ei analyse, for å sjå effekten av det.

Tabell 3. Viser $TØ/TY$ og $TR(TO)/TØ$ med standardavvik og konfidensintervall.

	Gjennomsnitt	Standardavvik	Konfidensintervall
TR/TØ-20 (3.-6.12.20)	1,94	0,79	0,53
TR/TØ -20 (3.-6.12.20 når fjerna outliers)	1,58	0,19	0,15
TR/TØ-20(manuell avlesing frå 20.11.-6.12.)	1,91	0,65	0,21
TR/TØ-20 (manuell avlesing frå 20.11.-6.12 minus outliers)	1,55	0,14	0,05
TO/TØ-19	1,28	0,08	

Vi stilte oss spørsmålet: Kor sannsynleg er det for at øyretemperatursensoren vil oppdage ei endring av kjernetemperaturen på t.d. 0,5 °C og på 1 °C , når øyretemperaturen er så påverka av ytre temperatur og avvik så mykje frå kjernetemperaturen?

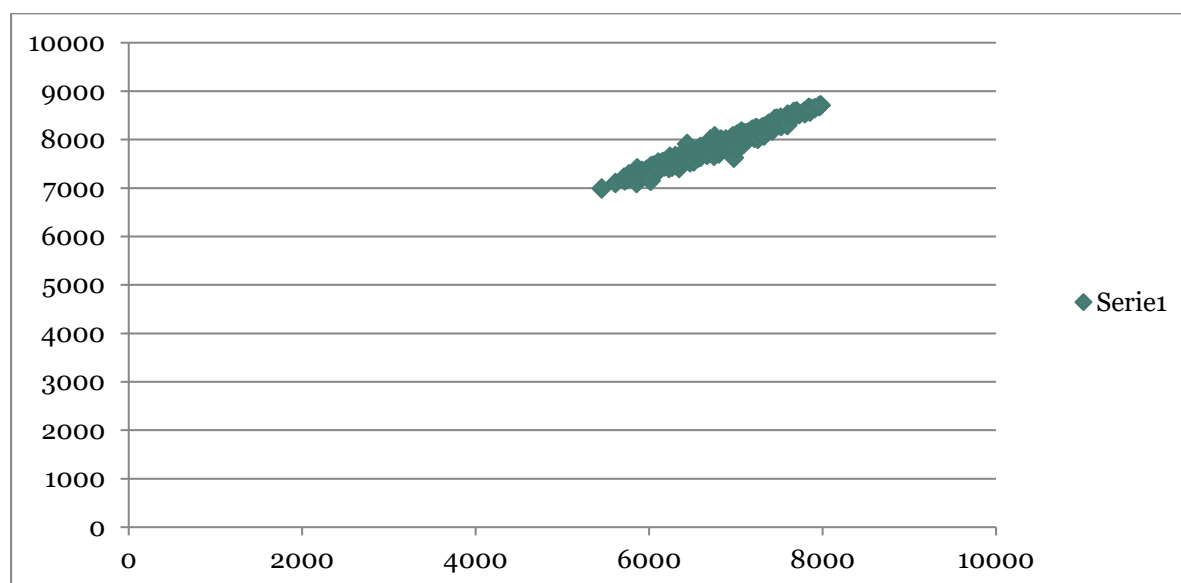
For det første ser vi at det er stor skilnad frå sau til sau på forholdet mellom øyretemperatur og kjernetemperatur. Det er også eit høgt standardavvik. Vi har ikkje målingar over lang tid og med ulikt ytre miljø, og vi har ikkje målingar frå mange dyr. Vi har heller ikkje kjernetemperaturmålingar ut over normaltemperatur, da alle dyra var friske og utan feber eller unormal låg temperatur i forsøksstida. Vi kan ikkje ut frå dei data vi har finne ein tydeleg

samanheng, verken lineær eller ikkje-lineær, som kan brukast for å seie noko sikkert om kjernetemperaturen til dyret. Vi har kjørt ei regresjonsanalyse der vi har brukt alle målingar i 2019 der vi har både ytre temperatur, øyretemperatur og kroppstemperatur, og ser da at det er ein tendens til samvariasjon mellom øyretemperaturen og kjernetemperaturen (vedlegg 3). Med dei analysane vi har gjort, kan det sjå ut til at vi kan greie å avdekke eit temperatursprang på 1°C når dyra er i eit innandørs miljø utan store temperatursvingingar, vind og fukt.

3.3 Detaljanalyse av tre sauer

3.3.1 Sau 60051

For sau 60051 har vi ein full måleserie på 12 dagar. Temperaturen er lest av kvart 6. minutt. Dette er omrekna til ein gjennomsnittstemperatur kvar time. Sau 60051 ser ikkje ut til å ha vore sjuk i perioden. Difor har kjernetemperaturen (normaltemperaturen) truleg svinga rundt 39,4 °C som er 102,9 °F. Vi har plotta samanhengen mellom avlest øyretemperatur og utetemperatur, sjå figur 4. Temperaturen er i hundredels grader Fahrenheit. Valet av «normaltemperatur» er basert på tidlegare studiar i Fuchs et al. Dyra som da vart undersøkt var lam, difor er normaltemperaturen truleg litt for høg.



Figur 4. Samanheng mellom utetemperatur (x-akse) og øyretemperatur for sau 60051 (y-akse)

Etter visuell inspeksjon har vi satt sammenhengen mellom øyretemperatur og utetemperatur til følgende; $t_{\phi} = 0,71t_u + 3100$. Om vi føreset at kjernetemperaturen er 10290 cg F (centigrader Fahrenheit) får vi følgende sammenheng mellom kjernetemperatur, øyretemperatur og utetemperatur:

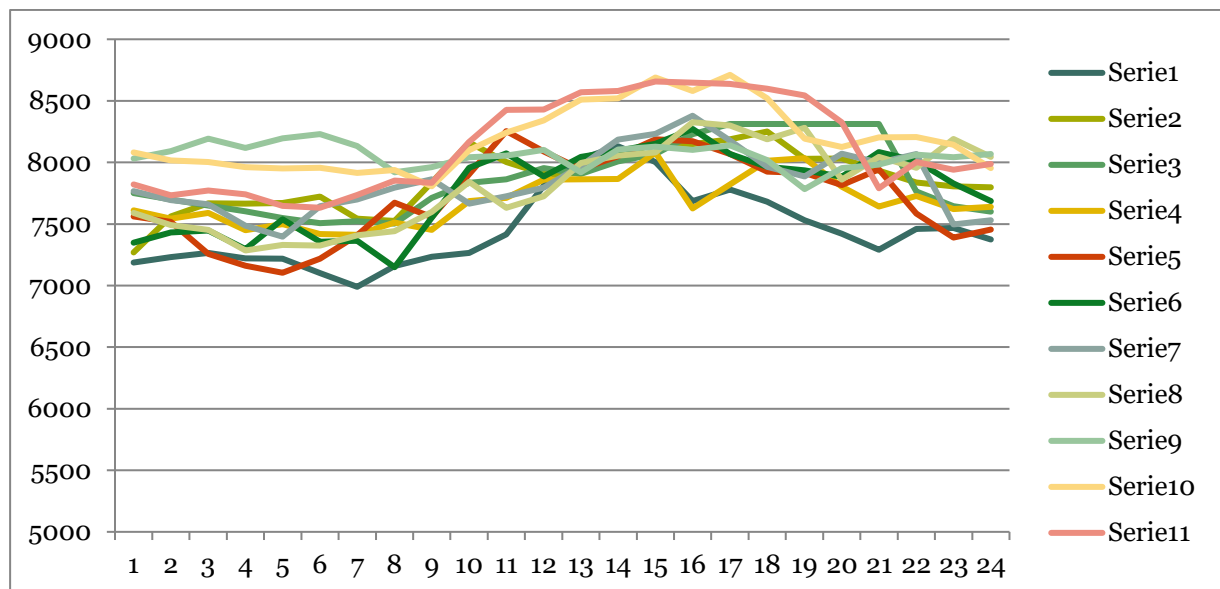
$$t_k = t_{\phi} - 0,71t_u + 7190$$

t_u = målt utetemperatur, egentleg lufttemperatur ved sauen

t_{ϕ} = målt øyretemperatur

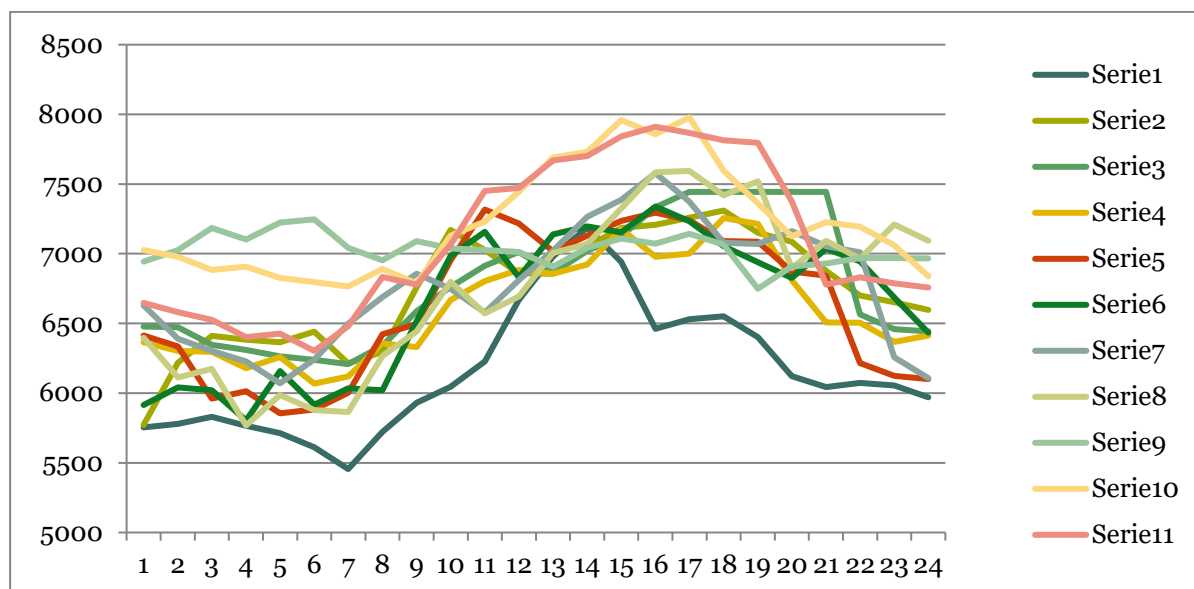
t_k = berekna kjernetemperatur

Ukorrigerte verdier for øyretemperatur er vist i figur 5:



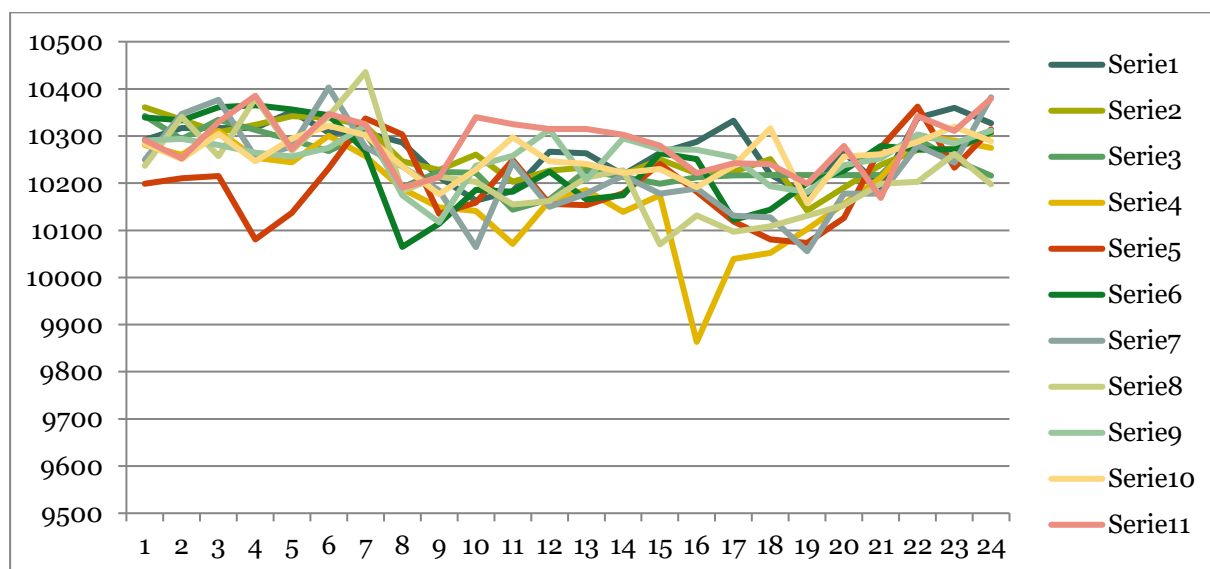
Figur 5. Målt øyretemperatur for 60051. Kvar serie gjeld for ein dag.

Figur 6 viser utetemperaturen for dei same dagane.



Figur 6. Utetemperatur som skal samanstillast med målingene av øyretemperaturen

I figur 7 viser vi estimert kjernetemperatur basert på formelen utleia i teksten over:



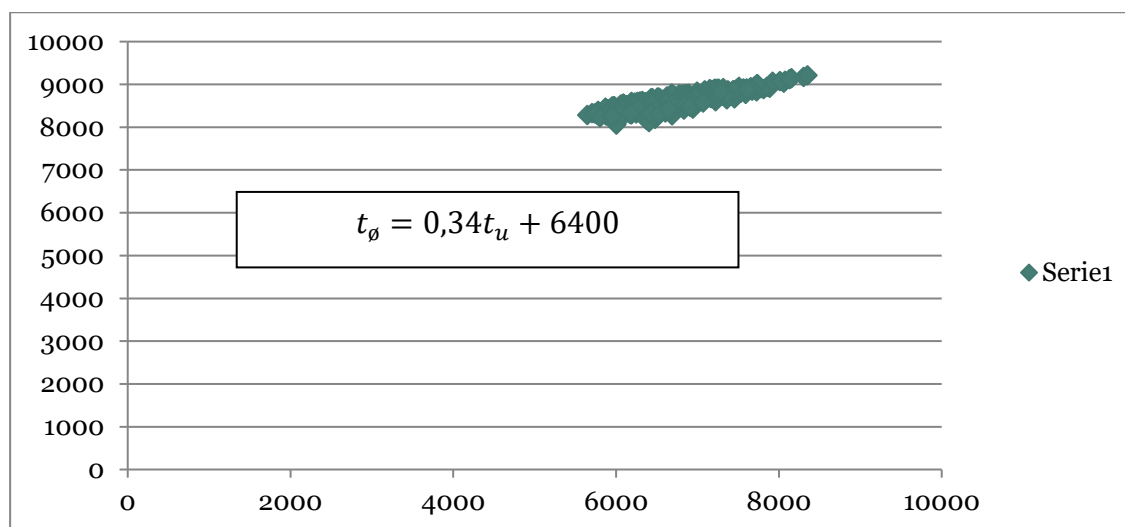
Figur 7. Beregna kjernetemperatur. Observer målestokken for y-aksen.

Dei fleste temperaturane ligg mellom 101 og 104 °F. Viss vi definerer feber til å vere eit avvik større enn ein grad Celcius frå gjennomsnittet, viser figuren at vi er i stand til å oppdage feber med denne korreksjonsformelen. Gjennomsnittet for alle målingane er 102,40 °F. Vi ser at det likevel er noko som ikkje stemmer heilt, da vi veit at temperaturens døgnvariasjon

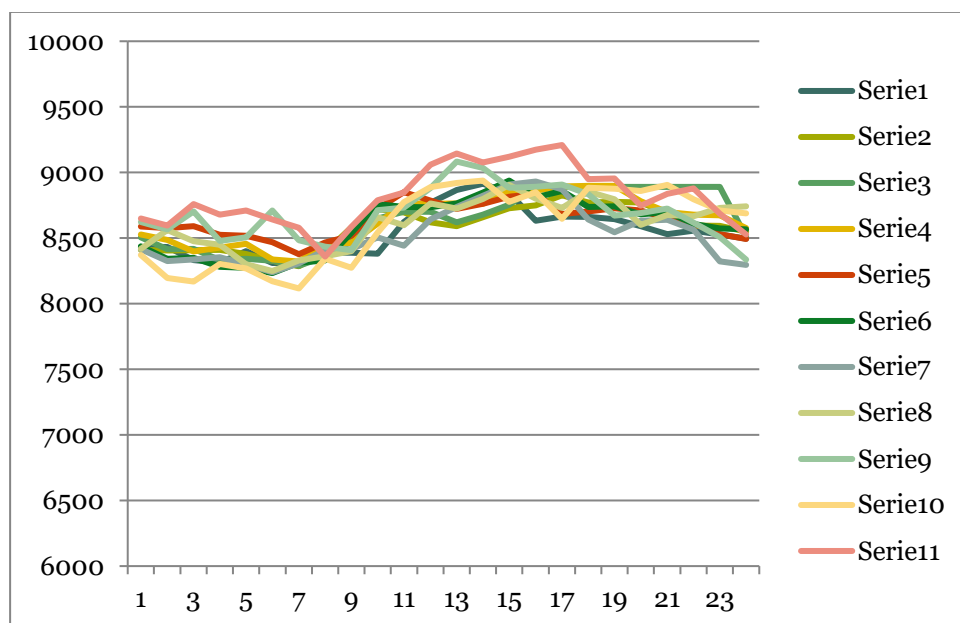
for sau har ei anna form. Temperaturen i eit normalprofil er lågast mellom klokka 03 og 05 og høgst mellom klokka 15 og 19. Her svingar det motsett.

Vi har gjort dei same berekningane for sauene 70071 og 50056. Data vert best vist ved å syne dei tilsvarande figurane.

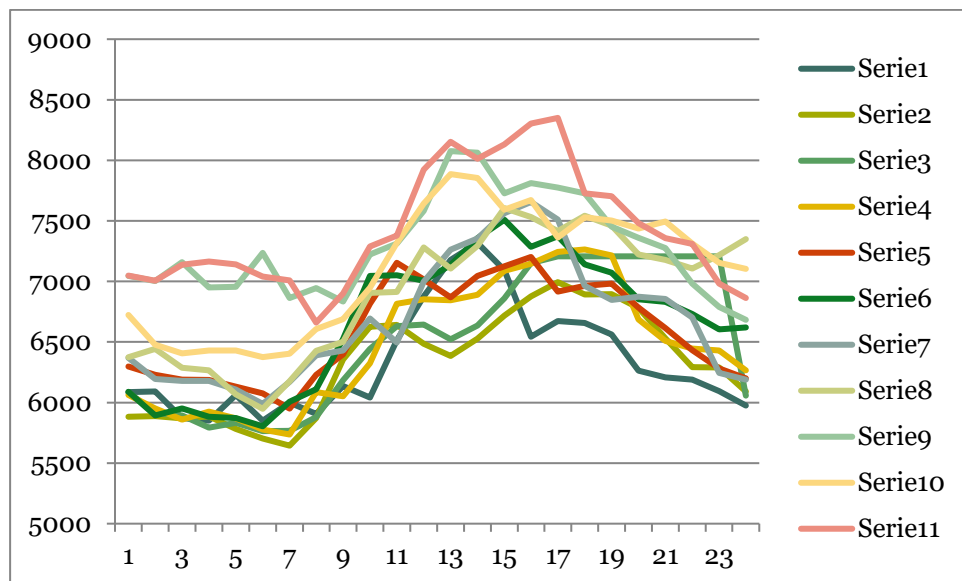
3.3.2 Sau 70071



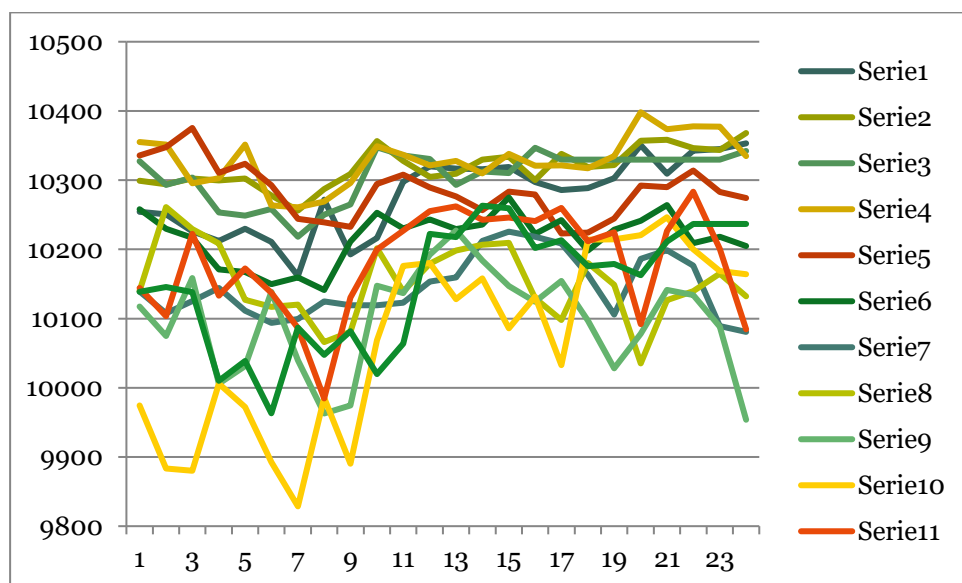
Figur 8. Samanheng mellom utetemperatur(x-akse) og øyretemperatur for sau 70071 (y-akse)



Figur 9. Målte øyretemperaturar for sau 70071.



Figur 10. Målte utetemperaturar for sau 70071.



Figur 11. Berekna kjernetemperaturar for sau 70071. Ein serie for kvar dag.

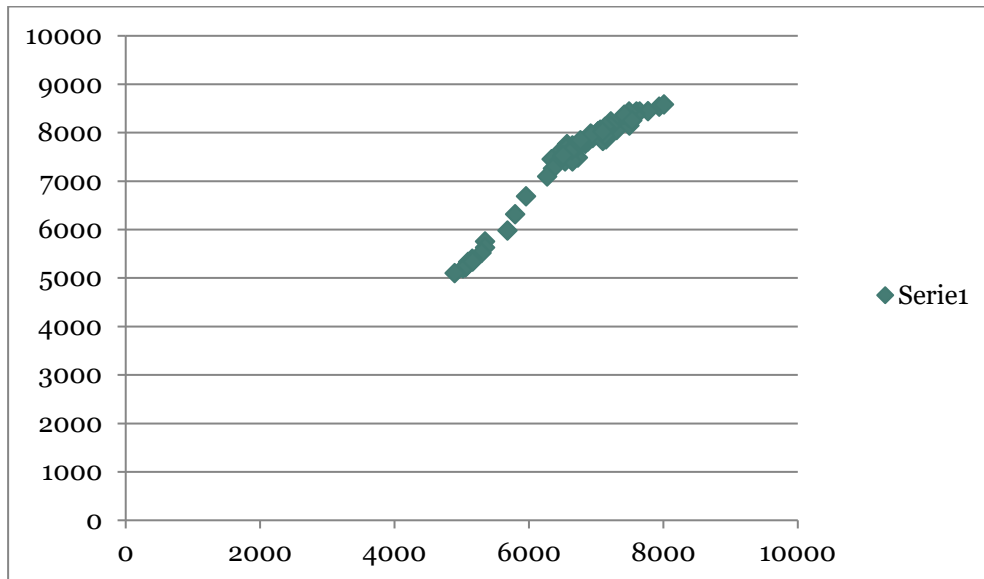
Største skilnaden mellom 60051 og 70071 er korrelasjonen mellom øyretemperatur og utetemperatur. Dette gjer at vi må bruke ein annleis formel for utrekninga av kjernetemperatur:

$$t_k = t_\emptyset - 0,34t_u + 3890$$

Gjennomsnittsverdien for alle målingene er 102,10 °F. Berre ein dag, dag 10 (serie 10) har nokre timar som ligg utafor ei varslingsgrense på 2 °F.

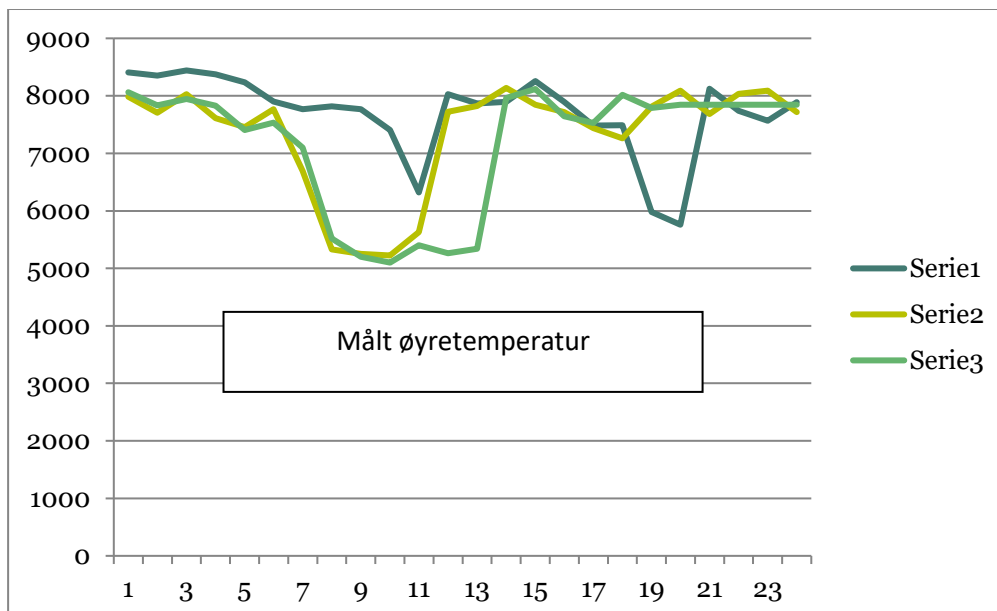
3.3.3 Sau 50056

For sau 50056 har vi berre målingar for tre heile dagar Kurvene ser slik ut:

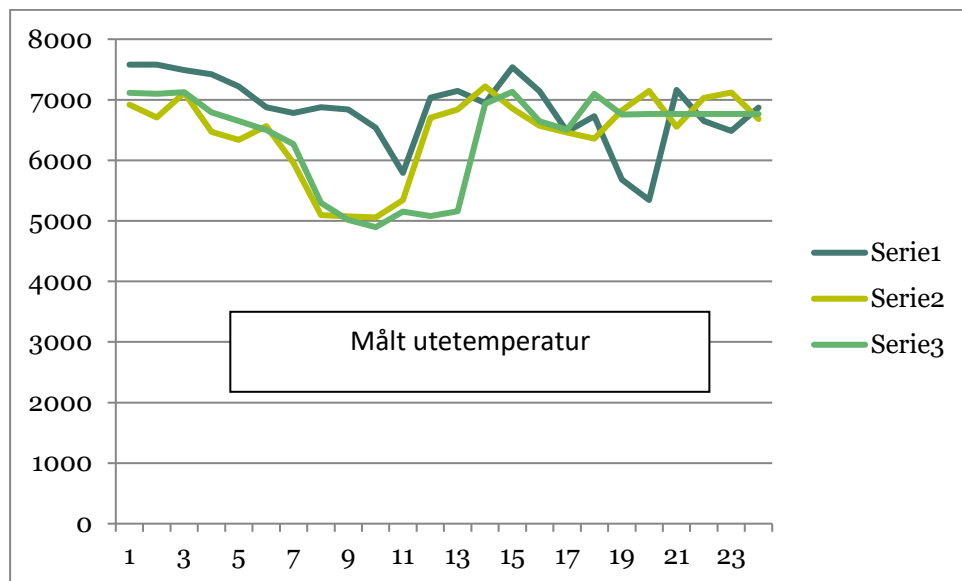


Figur 12. Samanheng mellom utetemperatur (x-akse) og øyretemperatur for sau50056 (y-akse).

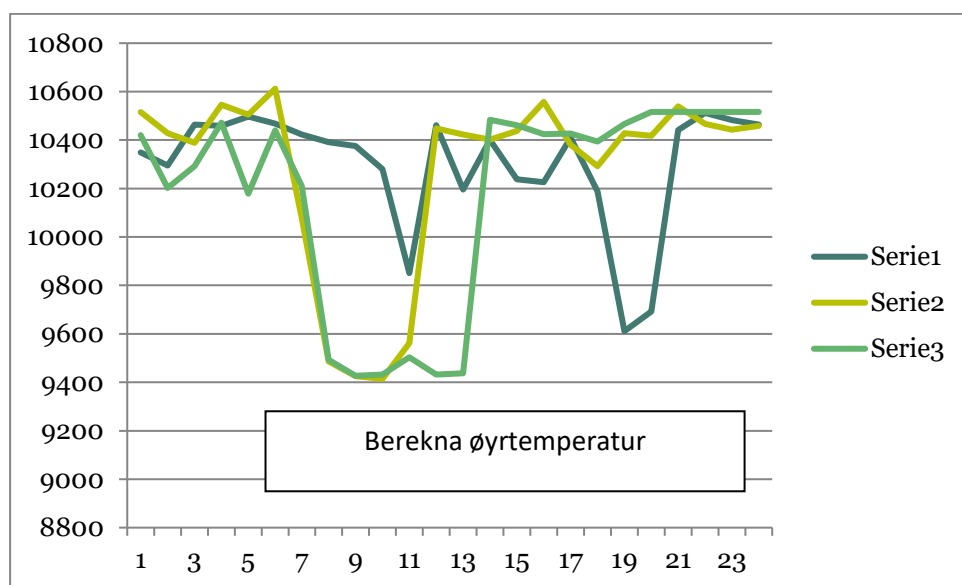
Kurva følgjer formelen $t_{\emptyset} = 0,89t_u + 1600$ når vi krev lineær samanheng.



Figur 13. Målt øyretemperatur for sau 50056.



Figur 14. Målt utetemperatur for sau 50056



Figur 15. Berekna kjernetemperatur for sau 50056 Ein serie for kvar dag.

Som tidlegare nemnt er det siste kurvesettet vanskeleg å forklare. Berekna kjernetemperatur er sett opp etter formelen

$$t_k = t_\emptyset - 0,89t_u + 8690$$

Utanom periodane med store avvik ser vi at berekna kjernetemperatur ligg i området 106 til 102 grader Fahrenheit.

3.4 Vurderingar og nye hypotesar

Det ser ut som at kvar montert sensor har sin eigen karakteristikk. I ein modell der vi har kravd ein lineær samanheng mellom målt øyretemperatur og utetemperatur for ein frisk sau;

$$t_{\emptyset} = at_u + b$$

har vi sett store skilnader i verdi på parametrane a og b . Dette kan forklarast med skilnader som skuldast montering. Kor tett mot huda ligg termistoren? Kor ope er det med tilgang til luftdrag og fukt? Ved å måla over nokre dagar på ein frisk sau kan vi – truleg med god nok nøyaktigheit – finne ein individuell karakteristikk for kvar montert sensor. Desse parametrane er noko som sensorens datamaskin kan berekna og forbetra etter kvart som ein får fleire målingar. Denne hypotesen er ny og bør testast på alle måleseriar vi har og på nye målingar. Det er eit problem at vi berre har målingar frå dyr som oppheld seg innandørs. Når dyra vert sleppt ut og dei blir utsett for temperaturar frå -5°C til 30°C , vind og snø eller regn kan ein forventa målingar som ikkje følgjer den enkle lineære modellen som berre avheng av utetemperaturen som i røynda er ein innetemperatur i våre forsøk.

3.5 Påverknad på dyret

Sauene vart kontrollert dagleg av veterinær for å sjå om det var sår eller infeksjon knytt til merket, og om det var teikn til sjukdom eller andre unormale tilstandar.

Vekta av øyremerket er større enn ordinære merke som blir bruka. Vi registrerte ikkje at tyngda på merket førte til unormal øyrehaldning hos dyret. Vi fann ikkje sår eller skader eller teikn til infeksjon etter innsetting av merket, og heller ikkje i løpet av den tida merket var i bruk. Det har ikkje vore sår, skade eller ubehag av denne metoden for festing av merka (Bilde 3).

Øyremerka har innestøpt sensorar, batteri og analysekapasitet, og vi har ikkje kunna redusere storleiken slik at dei kan brukast på lam. Derimot har vi diskutert løysing med tilpassing av «hann-delen» av øyremerket til «ho-delen» med leverandørar av husdyrmerke, og ser at dette lett kan tilpassast ved bruk av vanleg norsk merkeutstyr. For å redusere akkurat dette merket slik at det kan brukast på mindre dyr, må det ei tilpassing til som berre kan gjerast av HerdDogg.



Bilde 3. Ingen teikn til sår eller skade

4 Indikator for varsling

4.1 Korleis måle og vurdere kroppstemperatur hos sau

I og med at vi ikkje fekk gjennomført dei planlagde temperaturmålingane på dei fem vaksne søyene og fem lam på sommarbeite i 2019, valde vi å gå gjennom data og ikkje publisert materiale frå eigne tidlegare forsøk med temperatursensorar plassert under huda og i vomma på sau og lam i same besetning og for same tidsperiode som var planlagt i dette forsøket, for å få nok data.

Normaltemperatur

Kroppstemperaturen hos vaksne sauer ligg normalt mellom 38,5 og 39,5-40 °C. Yngre dyr har litt høgare temperatur, utan at dette er teikn på sjukdom. Nyfødde lam har temperatur mellom 39 °C og 40 °C. Kroppstemperaturen hos dyr er individuell og varierer med ytre faktorar. Temperaturen hos drøvtyggarar som sau, varierer meir enn t.d. hos menneske og einmaga dyr, mellom anna på grunn av gjæringa i formagane.

Nedkjøling – låg temperatur:

Ved mild nedkjøling hos lam er temperaturen mellom 37 °C og 39 °C, ved alvorleg nedkjøling er temperaturen under 37 °C. Nedkjøling av unge (nyfødde) lam kan vere forårsaka av for lite råmjølk, og hos litt eldre lam på grunn av sjukdommar som diarè (infeksjonssjukdommar, forgiftingar eller parasittangrep), nedkjøling ved dårleg vêr eller lite mat.

Nedkjøling av vaksne dyr kan vere ved sjukdommar som mjølkefeber (hypokalsemi) eller alvorleg diarè, enten forårsaka av bakteriar eller parasittar, eller skader med store blodtap. Temperatur under 38 °C blir vurdert som mild nedkjøling, under 36 °C sterk nedkjøling og fare for død.

Feber – høg temperatur:

Feber er ofte eit teikn på ein infeksjon, høg feber ved akutt infeksjon og meir moderat forhøgde temperatur ved kroniske infeksjonar. For høg temperatur kan ein også få ved alvorlege skader, ved stress eller ved høg fysisk aktivitet. Høg temperatur i omgjevnaden kan også føre til høgare kroppstemperatur. For vaksne sauer vil ein temperatur på over 40 °C vere indikasjon på at det kan vere ein infeksjonssjukdom, stress eller skade. For lam vil ein temperatur på 40,3 °C - 40,5 °C tyde på det same, litt avhengig av alder.

Korleis måle kroppstemperaturen?

Temperaturen hos dyr kan målast på fleire måtar og stader og ein får da ulike verdiar. Det er gjort forsøk med temperaturmålingar med ulikt utstyr og målingar på ulike kroppsdelar for å samanlikne og finne ut korleis ein enklast og sikrast kan få informasjon om kjernetemperaturen til dyret.

Øyretemperatur: Målt med sensor i nærleiken av trommehinna eller på ytre øyre. Måling i nærleiken av trommehinna gjev god korrelasjon med rektaltemperatur (Wiersma and Stott 1983, Brown-Brandl et al. 2003, Davis et al. 2003), men det er ei utfordring med utstyr. Sensoren som må plasserast i øyregangen og festast til ei lita datamaskin på øyret, gjev irritasjon og skade i øyregangen etter ei tid, og den kan vere utsett for å bli rive laus.

Rektaltemperatur: Målt med termometer i rektum, ligg nær opp til kjernetemperaturen.

Munnholetemperatur: Målt i munnen – mest brukt på menneske.

Armholetemperatur: Målt under armhola, også mest brukt på menneske.

Abdominaltemperatur: Målt med sensor inne i bukhola, nærmast vi kjem kjernetemperatur (referanse). Vi har gjennomført forsøk med å operere inn sensor i bukhola på lam og fått gode målingar på kroppstemperaturen. (Fuchs et al. 2019)

Subcutan temperatur: Målt med sensor under huda. Vi har gjennomført forsøk med å operere inn sensor under huda på sau, på halsen og under armhola, og samanlikna temperaturen vi målte der med temperaturen som vart målt i bukhola, og det var signifikant korrelasjon mellom temperaturmålingane på dei to ulike stadene (Fuchs et al. 2019;). Dette stemmer også med resultat som er publisert av andre (Seawright et al. 1983).

Vomtemperatur: Temperaturen i vomma kan målast ved å legge ned ein sensor, som registrerer og rapporterer vidare. Temperaturen i vomma på ein drøvtyggar varierer mykje i forhold til inntak av mat, vomgjæring, drikke osv., og er dermed ei mindre påliteleg kjelde for registrering av kjernetemperatur (Whittow, 1971; Davis et al, unpublished).

4.2 Resultat frå forsøk med kontinuerleg temperaturmåling på sau og lam

I eit tidlegare forsøk gjennomført i 2016 opererte vi inn temperatursensorar under huda i armhola på

- 2 søyer før lamming
- 10 vaksne søyer på beite
- 20 lam på beite

På 10 av desse lamma opererte vi også inn sensor i bukola.

Temperaturen vart registrert kvart 2.minutt i heile beitesesongen. Sensorane vart tekne ut ved slakting eller operert ut og avlesne (Fuchs et al. 2019, NORSØK Rapport Vol.1/Nr.1/2016).

Resultata vart bruka i ei masteroppgåve ved NTNU for å finne ut om hyppige temperaturmålingar kunne brukast til å oppdage sjukdom (Falck, 2019). Falck fann ut at for ein frisk sau varierte temperaturen etter eit rimeleg fast mønster over døgnet. Men det var individuelle variasjonar; både i sjølve mønsteret og i nivået. Falck brukte eit avvik frå eit felles gjennomsnittsnivå for å skilje mellom sjuk og frisk tilstand.

4.2.1 Kva påverkar temperaturen?

Det er mange faktorar som påverkar temperaturen. Den endrar seg over døgnet på ein nokså lovmessig måte. Det er ein genetisk variasjon, mellom rase og individ. Alder og vekt verkar inn, forhold mellom overflate og volum. Varmekapasitet er proporsjonalt med volum, og varmetap er proporsjonalt med overflate. Til større volum i forhold til overflate, til seinare er endring i kjernetemperatur som følgjer av ekstern temperaturskilnad. Effekten av isolasjon blir forsterka ved at ulla veks frå fødsel og fram til første klipping. Døgnlengde, aktivitet, vêrforhold, klipping, flytting, stress, fôring, sjukdom og skader verkar inn på temperaturen. Nokre faktorar endrar seg gradvis og over tid (daglengde, alder), andre er brå skiftingar som vi ønskjer å bli varsla om.

Ut får dette meiner vi at å lage ei normalkurve for kvar sau vil gje den mest presise varslinga. Men som ein start kan ein også bruke ei gjennomsnitts normalkurve for vaksne sau og ei for lam.

4.2.2 Utvikling av individuelle normalprofil

Falck viste at det var individuelle variasjonar til døgnrytmen (temperaturen) til dei einskilde dyra. Bratbergsengen har arbeidd vidare med dette materialet for å utvikle individuelle normalprofil. Ideen er at det skal vere avvik frå det normale - observert over tid som skal gje varsel om sjukdom eller behov for tilsyn. Da vert også kalibrering av utstyret mindre viktig. Ein treng heller ikkje måle kjernetemperatur, men ein temperatur som svingar i takt med kjernetemperaturen, men utan at den vert for mykje påverka av endra ytre tilhøve som regn, sol, vind mm. Det er heilt nødvendig at det blir utvikla ein temperaturprofil over døgnet som gjeld for kvart einskild dyr. Vi kallar det normalprofil; fordi profilet skal gjelde for eit dyr som ikkje er sjukt eller stressa. Vi føreset at profilet vil endre seg over tid, mellom anna av årsaker som er nemnd over. Profilet vil difor oppdaterast etter kvart som ein gjer nye målingar. Men vi ønskjer ikkje endringar i profilet som skuldast at dyret er sjukt.

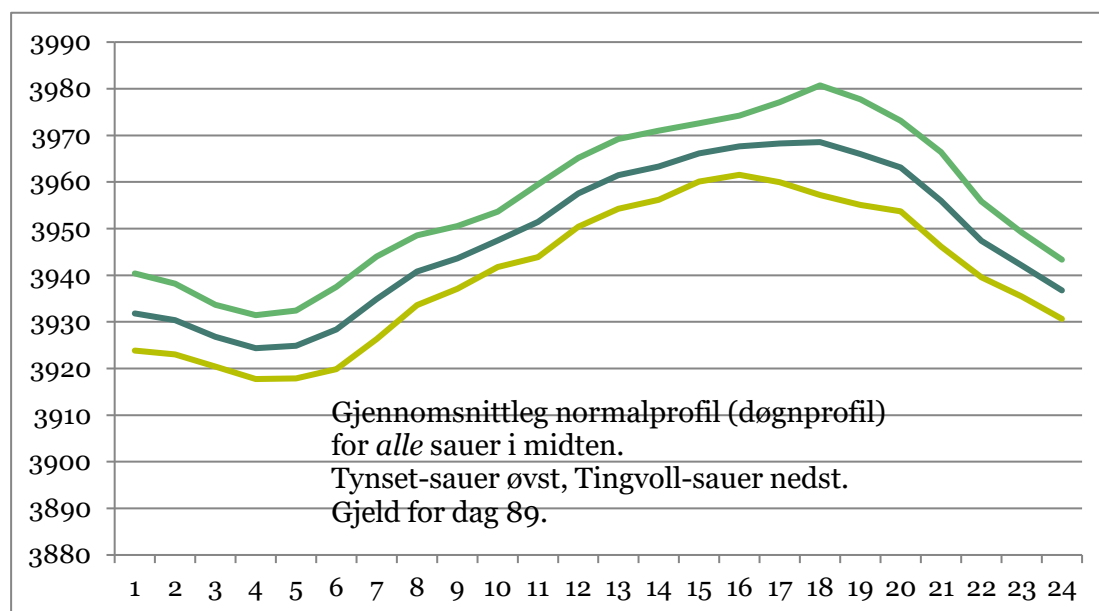
Til dømes kan lange feberperiodar lyfta normalprofilen. For å gje eit inntrykk av modellen, viser vi følgjande formlar:

$$\Delta t^h = t_r^h - t_p^h$$

$$t_p^h = t_p^h + \varphi \times \Delta t^h$$

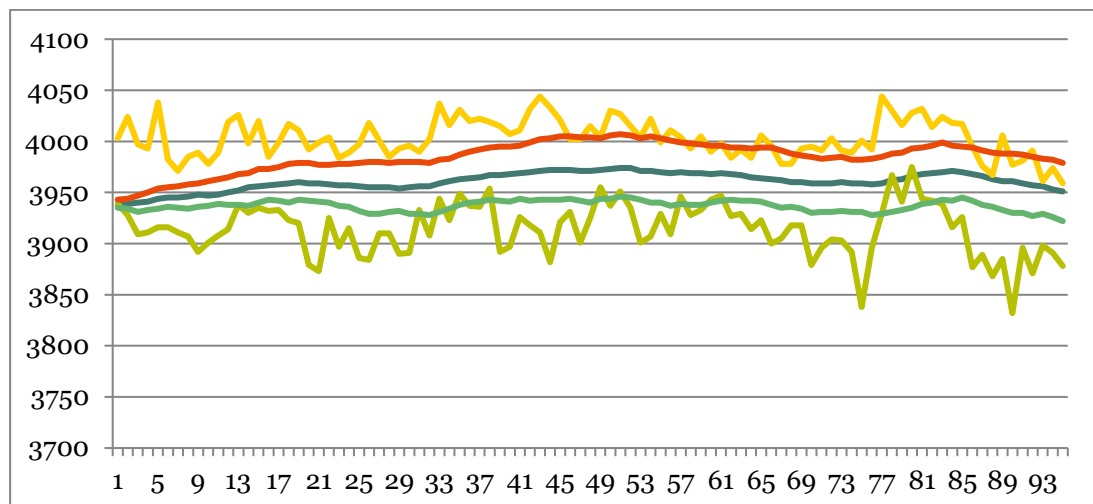
t_r er avlesen temperatur. t_p er gjeldande temperatur for normalprofilen. Δt^h er avvik mellom gjeldande normalprofiltemperatur og avlesen temperatur for time h . Dersom dette avviket er mindre enn ei gitt grense, definerer vi avlesen temperatur til å høyre til eit friskt dyr. Da blir temperaturen korrigert med ein faktor ϕ multiplisert med aktuelt avvik.

Vurderingar i ettertid har vist at denne metoden ikkje var god nok, fordi lange feberperiodar løfter normalprofilen, og det blir no sett på metodar for å korrigere for dette.



Figur 16. Døme på normalkurve for sau gjennom eit døgn. x-akse er dagar, y-akse er temperatur i °C.

I figuren under ser vi korleis normalkurven utviklar seg over ein sommarsesong på 95 dagar. Den gule kurven viser målt maksimaltemperatur for kvar dag. Den grønne kurva nedst, tilsvarande minimaltemperatur. Dei tre kurvene i midten gjeld det berekna normalprofilen. Kurven i midten er normalprofilens gjennomsnittstemperatur for alle døgnets 24 timar. Dei raude og turkise kurvene er ekstremaltemperaturar. Som ein ser, er normalprofilen påverka av lammets periodiske temperaturvariasjonar.



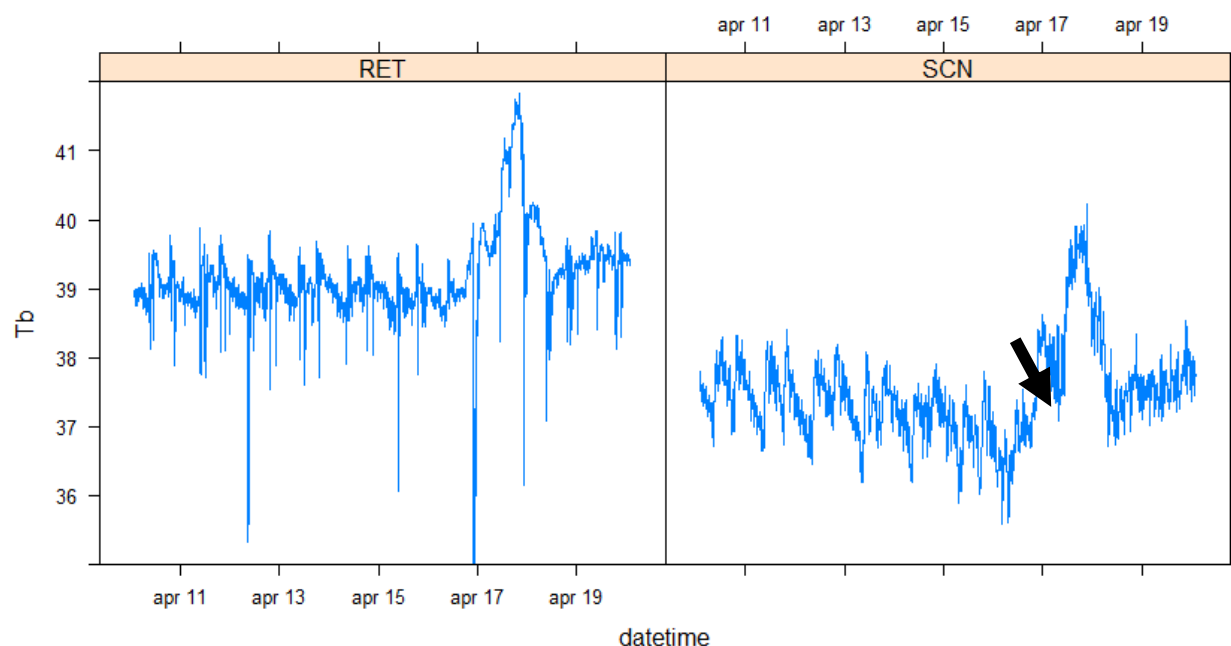
Figur 17. Døme på utvikling av normalkurve for lam i en sommarsesong på 95 dagar. X-akse er dagar, y-akse er temperatur i °C.

4.2.3 Temperatur ved fødsel

I det omtalte prosjektet frå 2016 gjorde vi nokre førebauande forsøk for å finne rett plassering av sensor for måling av subcutan temperatur og hjartefrekvens. Sensorane vart plassert på to vaksne søyer før lamming, og vi fekk nøyaktige temperaturmålingar samtidig med registrering av aktivitet rundt fødsel.

Figuren under viser temperaturkurve registrert med sensor i vomma og sensor under huda på vaksen sau i tida rundt lamming. Vi ser at det er mykje større variasjon i temperaturen i vomma enn under huda, og at temperaturen i vomma er heilt nede på 35 °C og opp mot 42 °C, alt dette utan at sauene viser teikn på sjukdom. Temperaturen som er målt under huda varierer mindre, men samvarierer i stor grad med vomtemperaturen. Pilen viser fødselstidspunktet, og vi ser ein typisk senking av temperaturen ned til 36 °C, før fødselen, som kjem få timar etter at temperaturen er på veg opp igjen. Temperatur på 39 - 40 °C eit døgn etter fødsel er også normalt, men dersom temperaturen held seg over 39 °C i lenger tid etter fødselen, kan det vere teikn på sjukdom. Dei to sauene som fekk operert inn sensorar før lamming i vårt forsøk i 2019, viste tilsvarende temperaturkurve.

Temperaturregistrering frå sensor synest dermed også å kunne brukast til å varsle om fødsel hos sau, men systemet bør prøvast ut på fleire dyr for å verifiserast.

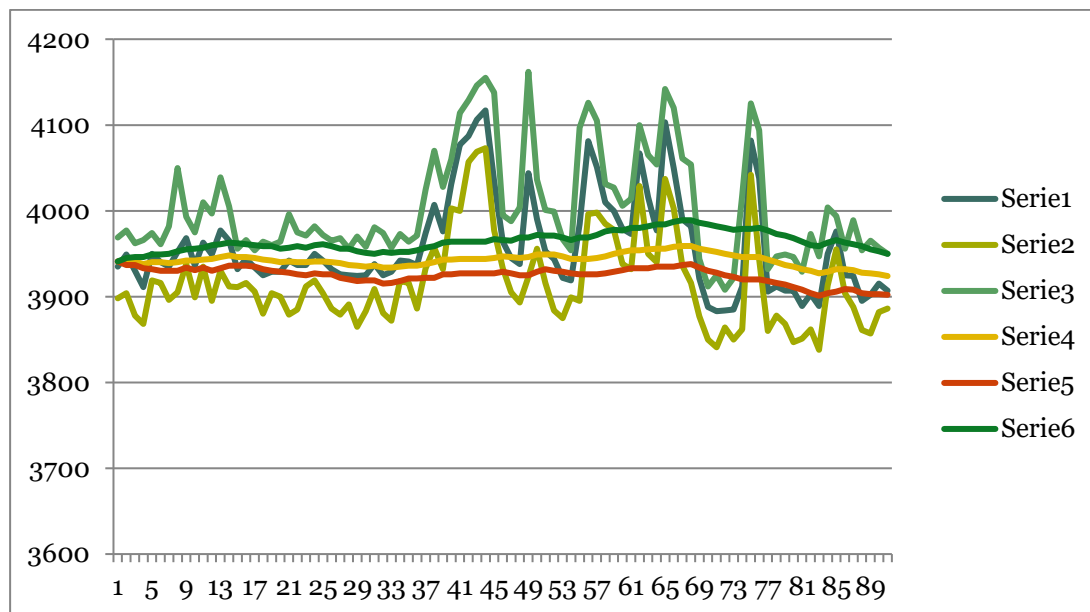


Figur 18. Temperatur målt i vom og under huden, i tida rundt fødsel.

4.2.4 Temperaturkurver for lam med sjodogg

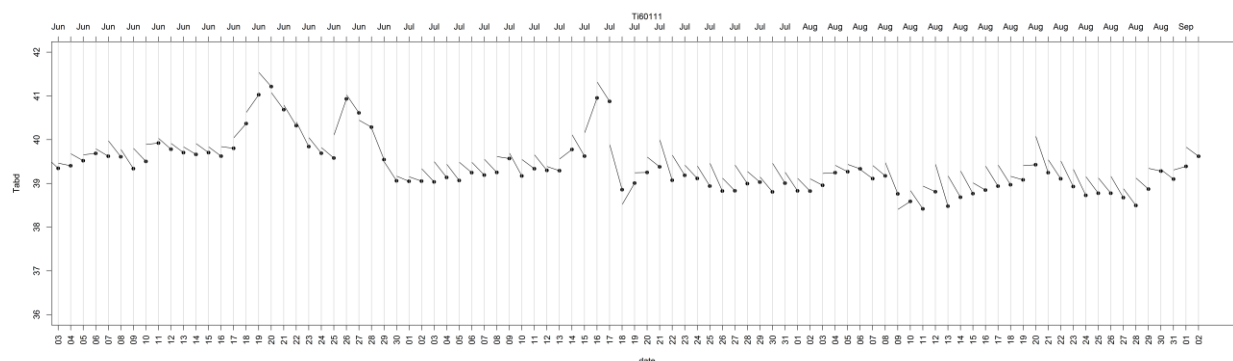
I det same prosjektet var eit hovudfokus om vi kunne oppdage sjukdommen sjodogg hos lam på eit tidleg tidspunkt, ved å oppdage høg feber før kliniske symptom på sjukdom oppstår. Ved sjodogg får lamma høg feber 4 - 10 dagar etter smitte, og dette er gjerne det aller første teiknet på sjukdom.

Temperaturkurver for lam med og utan klinisk sjodogg vart samanlikna med lammet si normalkurve. I figuren under gjeld serie 1 til 3 målingar som er gjort på lammet. Serie 4 til 6 karakteriserer lammets individuelle normalprofil med gjennomsnittsverdi og ekstremalverdiar.



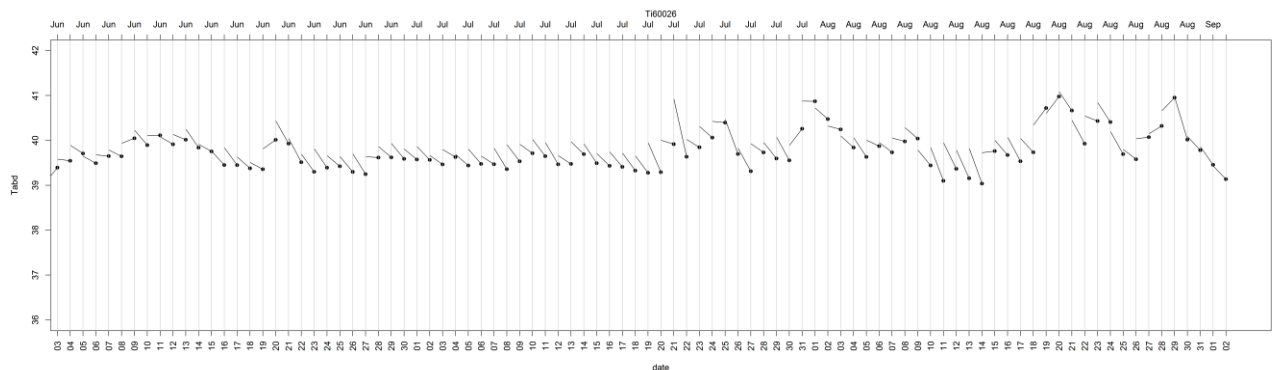
Figur 19. Serie 1 til 3 gjeld målte temperaturar, serie 4 til 6 syner lammets berekna normalprofil. x-akse er dagar, y-akse er temperatur i °C.

Figurane under viser nokre døme på individuelle temperaturkurver hos lam i eit område med sjodogg. Kliniske symptom på sjukdom er omtala for kvart lam.



Figur 20. Lam nr. 60111

Lammet vart observert som «litt slapp, søvnig» den 19. juni kl. 10.13, men kl. 21.55 same dag virka det friskt igjen. Den 22. juni vart temperaturen målt til 40,3 °C, men lammet virka frisk. 23.juni kl. 10.35 vart temperatur målt til 39,7 °C og lammet virka frisk. Ny observasjon den 4.juli, før fjellssending, da temperaturen var 39,7 °C og lammet virka frisk. 17. juli kl. 12.30 var lammet svært dårleg, temperatur 42,0 °C, låg flatside og kom seg ikkje på beina. Lammet vart behandla med antibiotika og væske to gonger, og dagen etter følgde det mora. Også her ser vi at sensorane registrere høg temperatur 1 - 1,5 døgn før ein ser kliniske symptom, og også på tidspunkt da ein ikkje observerer symptom i det heile. Dyret er likevel påkjent av infeksjonen, noko som viste seg gjennom svært låg tilvekst.



Figur 21. Lam nr 60026

Kliniske symptom på sjodogg vart observert 21. juni kl. 08 om morgonen, temperaturen målt til 39,5 °C med vanleg termometer. Symptoma var tydelege og ut frå erfaring med høg dødsrate på klinisk sjuke lam, vart lammet behandla med antibiotika. Om kvelden same dag vart det ikkje registrert kliniske symptom og temperaturen var gått ned til 39 °C. Det vi ser av denne kurva der temperaturen er registrert med sensor under huda, er at temperaturen har vore oppe i 40,5 °C eit døgn før kliniske symptom vart oppdaga.

4.2.5 Varslingstemperatur

Kvart dyr har altså si eiga normalkurve for temperaturen, og det skulle i prinsippet bety individuell programmering av temperatur for varsling av unormal tilstand. Det heftar usikkerheit ved temperaturnivået som vert målt i øyret. Sjølv om sensoren er rett kalibrert kan det oppstå systematiske feil på grunn av plasseringa. Difor er det viktig at det blir utvikla ein normalprofil, eventuelt forenkla til ein gjennomsnittstemperatur for kvart dyr basert på målingar i friske periodar. Varslingsgrense kan t.d. vere ein grad Celcius opp eller ned frå dyret sin «friske» gjennomsnittstemperatur. Viss gjennomsnittstemperaturen er 39,54 °C, vil varslingstemperatur vere over 40,54 °C og under 38,54 °C.

Ut frå analyse av det omfattande materialet vi har frå eigne prosjekt og litteraturgjennomgang, meiner vi at varsling for sjukdom hos lam i beiteområde med sjodogg, bør setjast til 40.5 °C Same indikator kan nyttast for andre sjukdommar hos lam. Temperatur under 37 °C hos lam er også indikasjon for varsling.

For vaksne sauer vil vi foreslå varsling ved nedre temperatur på 36,5 °C for indikasjon på fødsel og 40 °C for varsling av febersjukdom, t.d. mastitt eller lungebetennelse.

5 Diskusjon

5.1 Teknologiske moglegheiter

Nordic Semiconductors komplette datasystem på ei brikke (SoC – System on a Chip): nRF51xx, nRF52xxx og nRF5340 er av dei beste i verda i si gruppe. Kvar brikke har integrert radiokommunikasjon (Blåtann, Zigbee og Ant) og koplingsmoglegheiter til mange sensorar, stor reknekraft og god plass til data og program. Det er difor mogleg å gjere mykje analyse i datamaskina som er direkte kopla til sensoren. Brikkene er ikkje minst konstruert for å minimalisere straumforbruket. Som eksempel brukar nRF52805 berre 1 µA (mikroampére) når den er av og berre ventar på å bli vekt av ein «timer». Kvar gong den måler temperaturen vil den neppe vere aktiv meir enn 1 sekund. Viss temperaturen vert målt kvart 6. minutt – 10 gonger i timen, er brikkas aktiv mindre enn 0,3% av tida. Ved full berekning brukar den 2 mA og ved kommunikasjon 5 mA. Vi ser at kommunikasjon er kostbart og bør avgrensast, t.d. til kvar gong det er varsel om avvik. Eit batteri med kapasitet på 100 mAh (til dømes CR1632 135mAh) vil vare i
$$\frac{100}{0,9997 \times 0,001 + 0,0003 \times 2} = 62511 \text{ timer} = 2604 \text{ dagar} = 7,13 \text{ år}.$$
 Det kjem litt i tillegg til elektronikk og sensor når ein måler, men det er altså 0,3 promille av tida.

Sidan ein ikkje treng å skifte batteri på fleire år kan ein også vurdere å plassere sensor med batteri og datasystem under huda – særleg hos lam der dei fleste har eit kort perspektiv og blir slakta etter eit halvt år.

5.2 HerdDogg og Nofence

HerdDogg kan ikkje brukast på lam slik dei no er utforma. I våre beiteområde er det lam som er mest utsett for febersjukdom, som t.d. sjodogg. Resultata frå forsøka viser at det er vanskeleg å få gode nok målingar for å kunne påvise feber. Målte verdiar viste stor skilnad frå dyr til dyr. Kvifor veit vi ikkje sikkert, men det kan vere skilnad i eksponering for lufta omkring. Når dyra oppheld seg innandørs utan vind og nedbør kan ein kanskje finne ein berekningsformel for kjernetemperatur. HerdDogg og Nofence er begge to, sjølvstendige system. Nofence treng ein sensor som via deira klaveeining kan kommunisere vidare til bonden. Som tidlegare forklart er det fordelaktig om datamaskina som styrer sensoren også gjer analyse- og varslingsoppgåvene.

5.3 Sensorutfordringa

Plassering og utforming av sensor er avgjerande for suksessen til kontinuerleg temperaturovervaking. Sensoren må vera billeg, helst må den kunne monterast av eigar og den må ikkje vere til plage for sauene. Sensoren må gi verdiar som eintydig kan leggjast til grunn for berekning av kjernetemperatur når ein korrigerer for vêrtilhøva. For å finne ein tilfredsstillande sensor må ein prøve dei ut i praksis. Det er fleire moglege løysingsvegar:

- Øyresensoren kan forbetrast ved å skjerme den meir for vær og vind, kanskje ved at sjølve sensoren (termistoren) blir plassert under huden med øyremerket som skjold og isolator.
- Ein kan prøve å komme lenger inn i øyret og måle temperaturen ved trommehinna med ein sensor som måler temperaturen basert på infraraud stråling.
- Eller ein kan velja å setje sensoren under huden ein annan stad på kroppen. Her er det to framgangsmåtar: Berre sensoren vert sett under huden. Det krev ei ledning ut til datasystem med batteri. Den andre måten er å sette ein integrert sensor (sensor, datamaskin, batteri) under huden. Det krev at radiokommunikasjonen går gjennom huden og at den integrerte eininga er liten nok.

Utfordringa med å plassere ein sensor under huden og med ei ledning ut gjennom huden, er risikoen for infeksjon og sår ved at sensoren blir riven ut. Slik regelverket er i dag, vil det og vere krav til veterinær for å sette inn ein slik sensor.

Det er gjort forsøk med infraraud sensor ved trommehinna, og den gjev nokså gode resultat med tanke på korrelasjon med kroppstemperaturen. Utfordringa var at det vart lett sår og skade i øyregangen og at den sensoren som der var prøvd ikkje kunne sitte i lang tid (Davis et al 2003).

Vår vurdering er likevel at det bør arbeidast vidare med alle desse tre metodane for plassering av sensor, og at ein sensor under huden vil gje det mest pålitelege resultatet.

5.4 Systemtopologiar

I forhold til Nofence er det mest naturleg å ha ein hierarkisk systemtopologi der sensoren kommuniserer via klaven og vidare til ein sentral server som styrer databasen og brukarkommunikasjon. I si produktomtale oppgjev Nordic Semiconductor at Bluetooth Low Energy (BLE) har ei rekkjevidde på opp til 1000 meter. Sjølv om rekkjevidda i praksis vil vera monaleg mindre, opnar det for direkte kommunikasjon mellom sensoreining og fast stasjon når dyra er i fjøset eller på eit avgrensa beiteområde. Dette vil ha stor betydning for kostanden per overvaka dyr da ei sensoreining vil vera vesentleg billegare enn ei Nofence-eining.

På utmarksbeite vil ein nok bruka mobile reléiningar som Nofenceklave eller bjølle på søyer og sensoreining på alle. Det kan også vere interessant å eksperimentera med faste radioeiningar som handterer sensorar innan rekkjevidde. Det er utvikla BLE-løysingar mellom anna for styring av veglys der kommunikasjon går frå eining til eining (BLE Mesh) .

6 Konklusjonar

På bakgrunn av eigne resultat og litteraturgjennomgang har vi vurdert at varsling om feber bør vere 40,5 °C viss temperaturen held seg så høg i minst 6 timar for lam og 40 °C for vaksen sau.

Ein sensor plassert i eit øyremerke kan gjere det mogleg for bonden sjølv å sette inn, og kan produserast til ein akseptabel pris.

Teknisk sett er moglegheitene for ein saumlaus integrasjon til stades mellom HerdDogg temperatursensor og t.d. Nofence. Vi meiner det ideelle er ei hierarkisk system der sensorane sender beskjed til ein lokal «hub» på kvart dyr eller søye med lam, og at denne huben kommuniserer med eit sentralsystem, som Nofence eller andre.

Det er ikkje god nok samanheng mellom temperaturen som blir målt i øyresensoren og kroppstemperaturen til å varsle små endringar i kroppstemperatur. Vi har ikkje fått testa øyresensoren på sjuke dyre eller under meir ekstreme utandørs temperatur- og vêrforhold, så vi kan heller ikkje konkludere med at øyresensoren kan varsle om temperaturendring på t.d. 1 °C, noko vi meiner er nødvendig for å oppdage sjukdom.

Vi meiner likevel forprosjektet har gjeve ein del lovande resultat og at den er eit godt grunnlag for vidare arbeid med etablering av sanntids overvakingssystem for sjukdom av sau på beite, basert på øyretemperaturmålingar.

Vi tilrår å gå vidare med å utvikle ein øyretemperatursensor som kan måle temperaturen inne i øyregangen eller ein sensor som kan plasserast under huda eller ein øyremerkesensor som kan beskyttast betre mot store endringar i utetemperaturen, mot luft og fukt.

Funna frå prosjektet kan takast vidare i eit kommersialisierungs- og innovasjonsarbeid for bedrifter som ønskjer det. Det er framleis eit forskingsbehov knytt til forbetring av øyretemperatursensoren, mellom anna for å undersøke endringar i øyretemperatur ved høg feber eller svært låg kroppstemperatur. Dette må skje som eit kontrollert dyreforsøk der dyra blir påført stoff som gjev feber, og det må vere eit så stort dyretal at ein kan få verifisert målingane og systemet statistisk.

System-moglegheitene er mange, gode og med låg risiko. Nyten er heilt avhengig av at vi finn ei tenleg sensoreining.

7 Referansar

- Ashe, Sophia: Fever Tags: Overview and limitations of the TempVerified Calf Tag. Technical Report 2018. DOI: 10.13140/RG.22.31547.26404
- Bergen, R.D.; Kennedy, A.D. 2000: Relationship between vaginal and tympanic membrane temperature in beef heifers. *Can.J.Anim.Sci.*80:515-518.
- Brown-Brandl, T.M.; Nienaber, J.A.; Eigenberg, R.A.; Hahn, G.L.; Freetly, H: Thermoregulatory responses of feeder cattle. *Journal of Thermal Biology*. Volume 28, Issue 2, February 2003. Pages 149-157
- Davis, J.D; Vanzant, E.S; Purswell, J.L.; Green, A.R.: Bicudo, J.R.; Gates, R.S.; Holloway, L.E.; Smith, W.T.; Methods of Remote, Continuous Temperature Detection in Beef Cattle. Paper Number 034008 An ASAE Meeting Presentation
- Eigenberg, R.A.; Brown-Brandl, T.M.; Nienaber, J.A.: Sensors for dynamic physiological measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 62, Issue 1, June 2008, Pages 41-47.
- Falck, Richard Hole: Prediction of Illness in Sheep on Body Temperature. Master Thesis 2019. NTNU.
- Fuchs, B.; Sørheim, K.M.; Chincarini, M.; Brunberg, E.; Stubbsjøn, S.M., Bratbergsengen, K.; Hvasshovd, S.O., Zimmermann, B.; Lande, U.S.; Grøva, L: Heart sensor validation and seasonal and diurnal variation of body temperature and heart rate in domestic sheep. *Veterinary and Animal Science* 8 (2019) 100075
- Grøva, L.; Olesen, I.; Steinshamn, H.; Stuen, S.; The effect of lamb age to a natural *Anaplasma phagocytophilum* infection. *Small Ruminant research*, Volume 112, Issues 1-3, May 2013, Pages 208-215
- Helwatkar, A.; Riordan, D.; Walsh, J.: Sensor Technology For Animal Health Monitoring. Conference Paper September 2014. DOI: 10.13140/2.1.1305.0242
- Robert McCorkell, Katherine Wynne-Edwards, Claire Windeyer, Al Schaefer and the UCVI Class of 2013: Limited efficacy of Fever Tag temperature sensing ear tags in calves with naturally occurring bovine respiratory disease or induced bovine viral diarrhoea virus infection. *Can Vet J* 2014; 55:688-690
- Sørheim, K.M.; Brunberg, E.; Grøva, L.; Lande, U.S.; Tøvsen, M.L.; Grønlien, K.G.; Tønnesen, H.H.; Karlsen, J.; Skulberg, O.; Myrsetrud, I: Alveld hos lam – kan vi forebygge sjukdommen? *Norsøk Rapport Vol.1/Nr.4/2016*
- Sørheim, K.M.; Beiteprosjektet i Møre og Romsdal 2009 (Bioforsk rapport Vol4/Nr173) og Beiteprosjektet i Møre og Romsdal 2010 (Bioforsk RapportVol2/Nr10)
- Whittow, G.: Comparative physiology of thermoregulation. Academic Press, New York and London. Volume II. Mammals, xi+410pp.1971, *Journal of Mammalogy* (1974).
- Wiersma, F.; Stott, G.H: A Technique for Securing A Temperature Probe Adjacent to the Tympanic Membrane in Bovine. *ASAE*. 26(1): 0185-0187. (DOI: 10.13031/2013.33901)°1983

¹ HERDDOGG , 258 A Street, Ashland, Oregon 97520, USA. heythere@herddogg.com

² nRF52xxx produseres av Nordic Semiconductor med hovedkontor i Trondheim. nRF52-produktene brukes bl.a. i produkt for velferdsteknologi verden over.

8 Vedlegg

Vedlegg 1

Temperaturkurver som viser øyretemperatur og ytre temperatur for alle dyra.

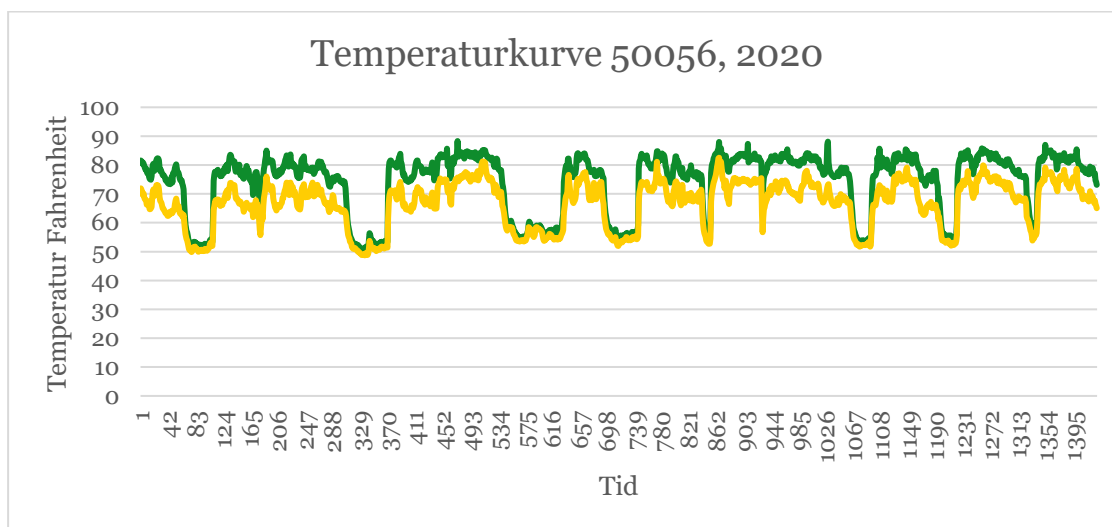


Fig. 1: Temperaturkurve for det eine dyret med store variasjonar (50056/2020)

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Fahrenheit. Grøn kurve øyretemperatur, gul kurve ytre temperatur

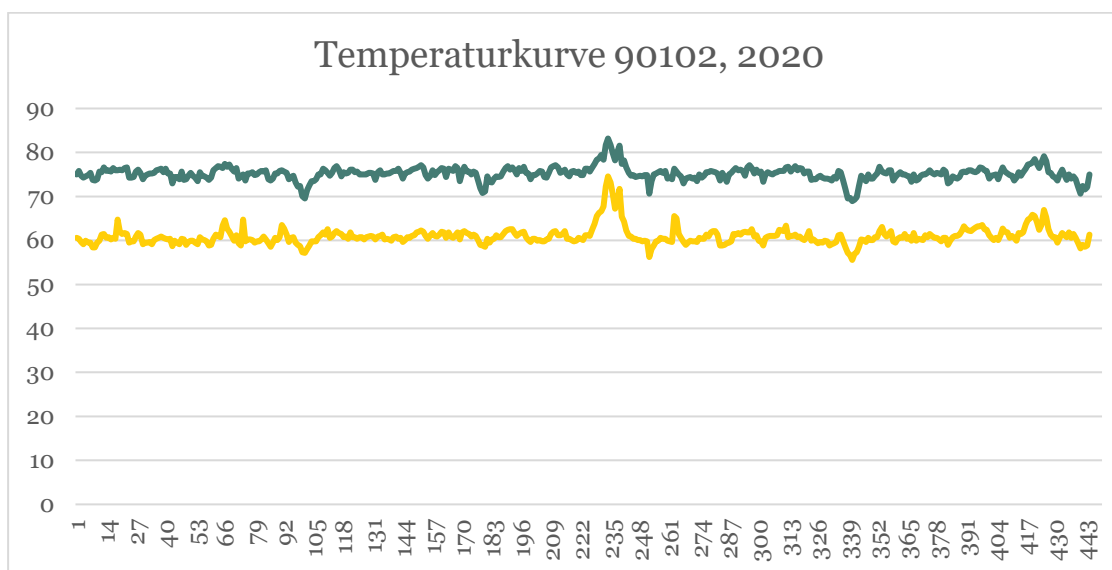


Fig. 2: Temperaturkurve for 90102/2020

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Fahrenheit. Grøn kurve øyretemperatur, gul kurve ytre temperatur

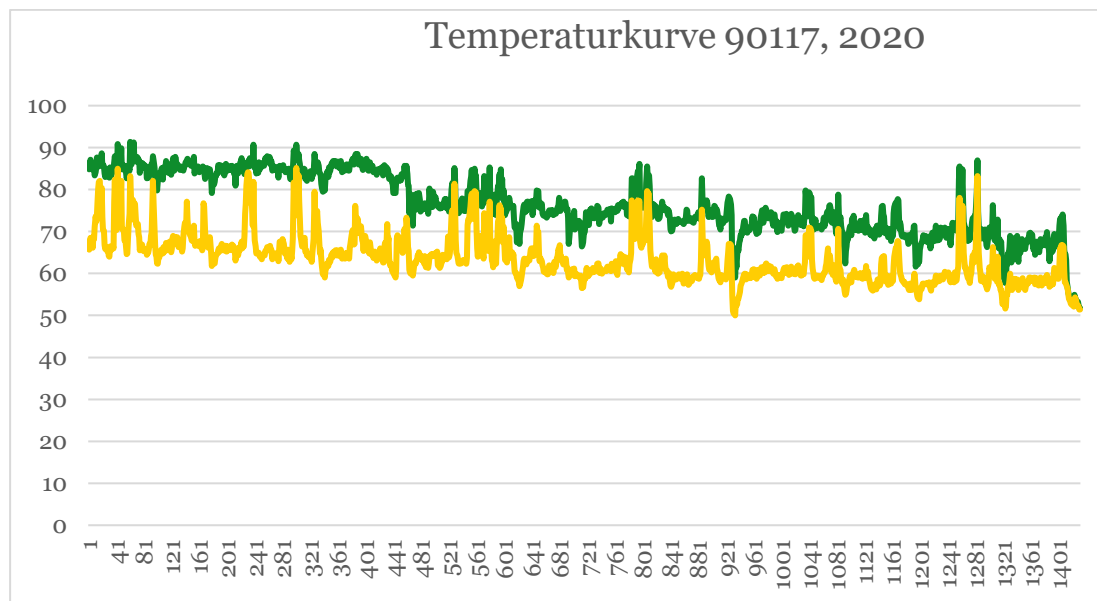


Fig. 3: Temperaturkurve for 90117/2020

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Fahrenheit. Grøn kurve øyretemperatur, gul kurve ytre temperatur

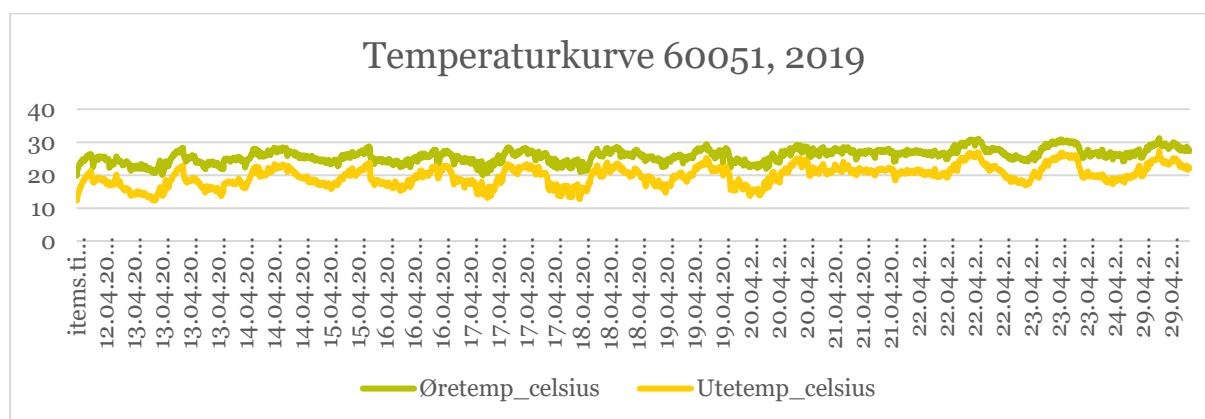


Fig. 4: Temperaturkurve for 60051/2019

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Celcius. Grøn kurve øyretemperatur, gul kurve ytre temperatur

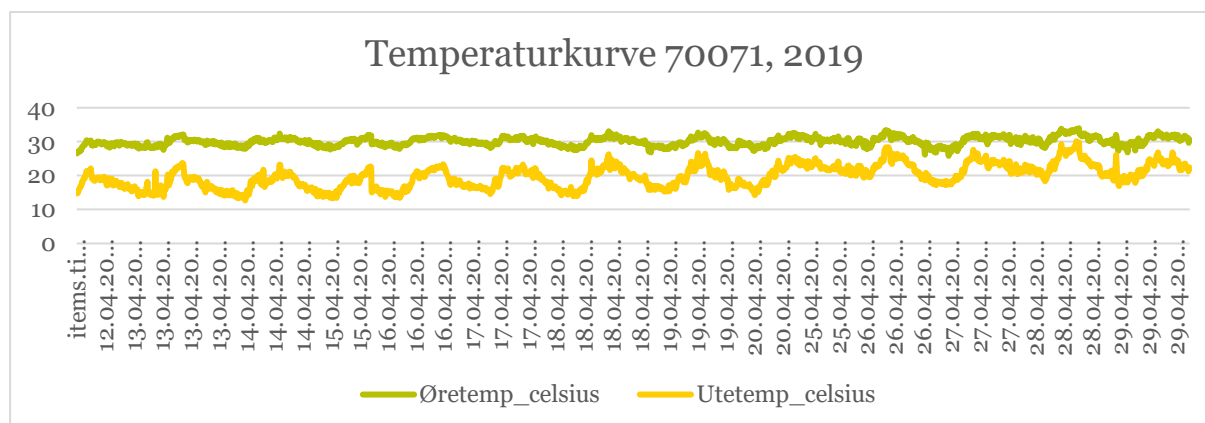


Fig. 5: Temperaturkurve for 70071/2019

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Celcius. Grøn kurve øyretemperatur, gul kurve ytre temperatur

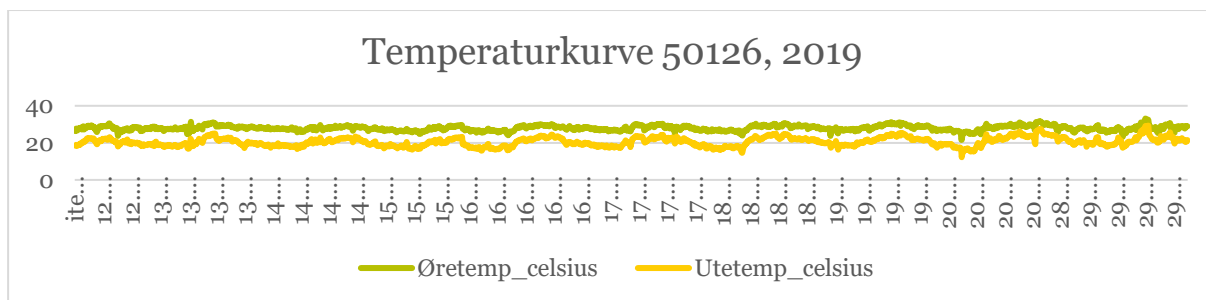


Fig. 6: Temperaturkurve for 50126/2019

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Celcius. Blå kurve øretemperatur, gul kurve ytre temperatur

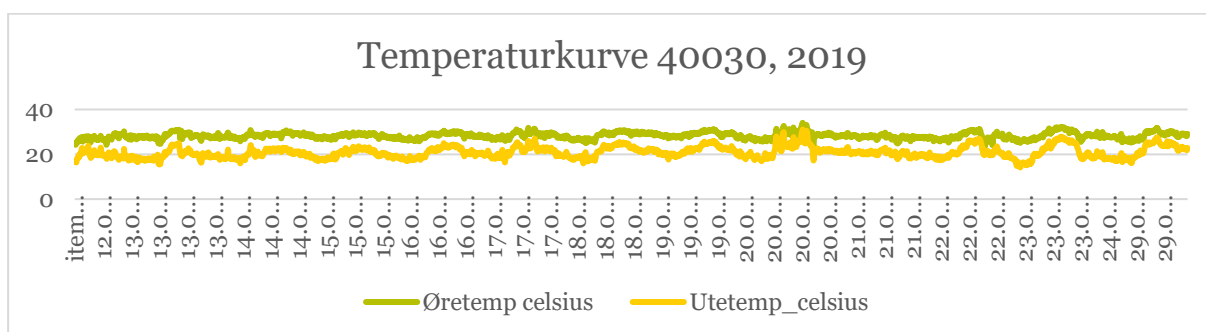


Fig. 7: Temperaturkurve for 40030/2019

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Celcius. Grøn kurve øretemperatur, gul kurve ytre temperatur

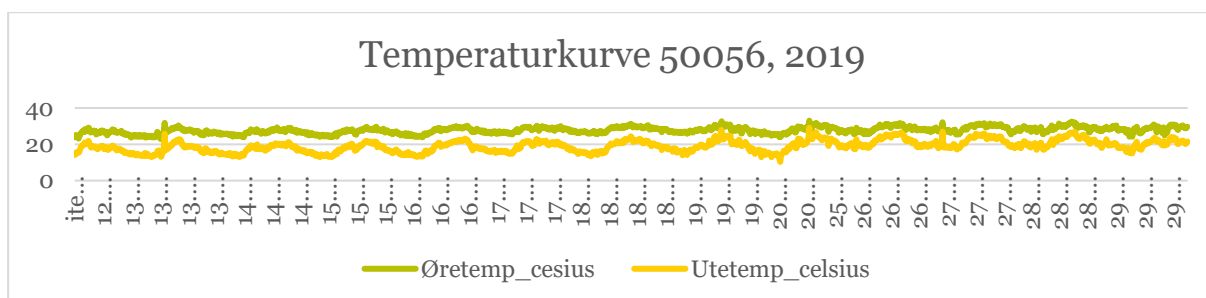


Fig. 8: Temperaturkurve for 50056/2019

x-akse: tid; y-akse: temperatur i grader Celcius. Grøn kurve øretemperatur, gul kurve ytre temperatur

Vedlegg 2

Temperaturkurver som viser øyretemperatur og kroppstemperatur

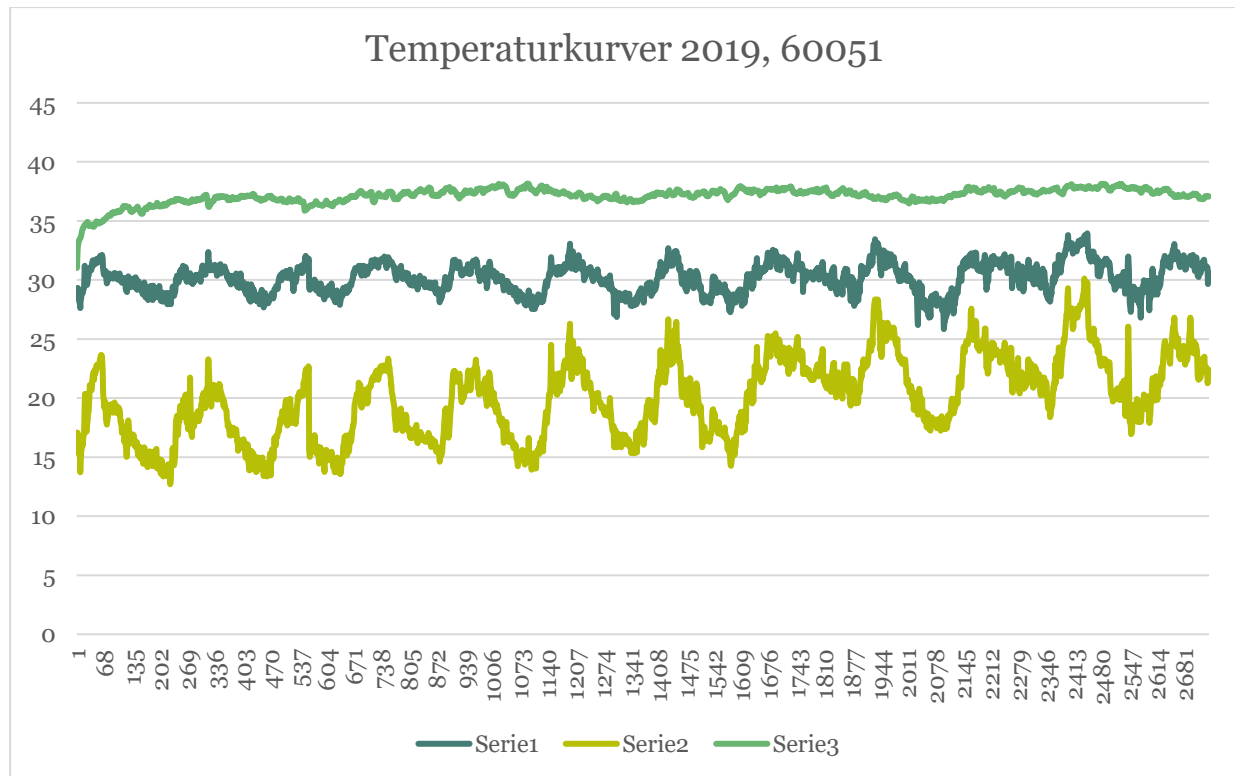


Fig. 9: Temperatur i grader Celcius målt med StarOddi (serie3), øyresensor (serie 1), ytre temp (serie 2). X-akse tid, tal målinger

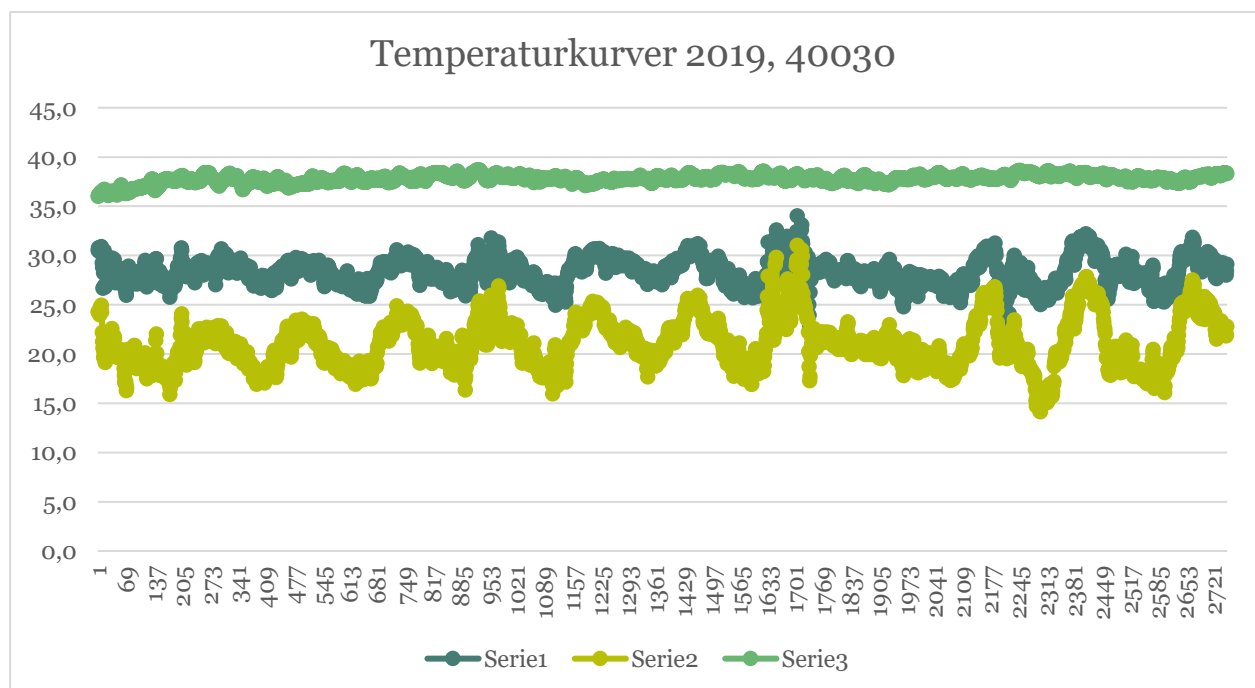


Fig. 10: Temperatur i grader Celcius målt med StarOddi (serie3), øyresensor (serie 1), ytre temp (serie 2). X-akse tid, tal målinger

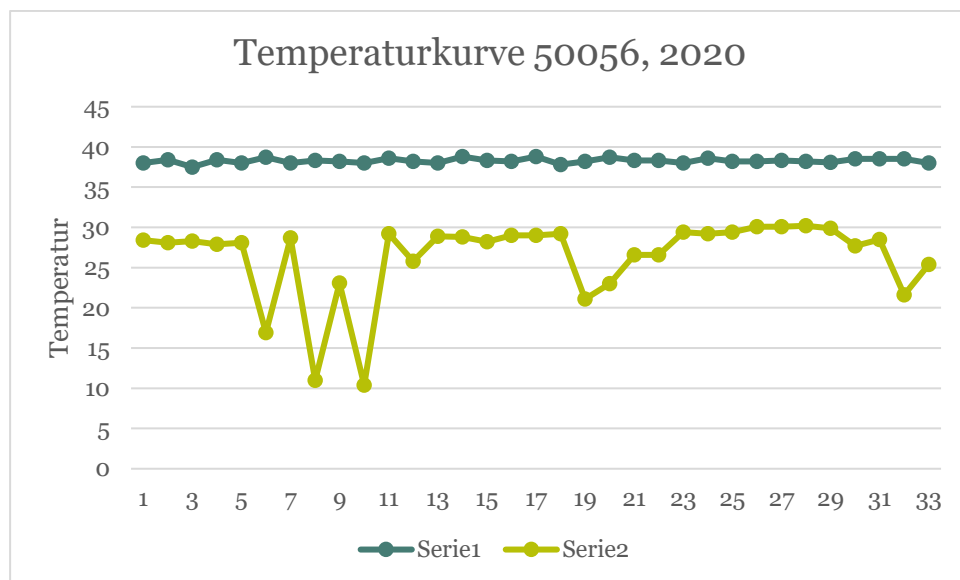


Fig. 11: Temperatur i grader Celcius målt med termometer (serie 1) og øyresensor (serie 2), x-akse : tid

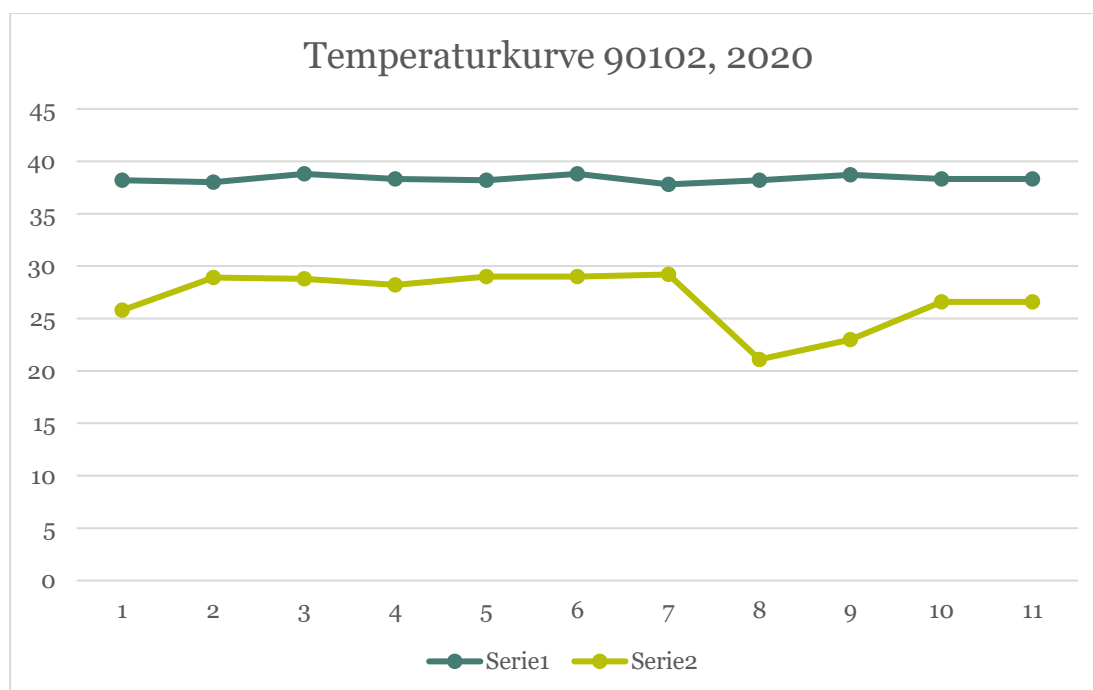


Fig. 12: Temperatur i grader Celcius målt med termometer (serie 1) og øyresensor (serie 2), x-akse : tid

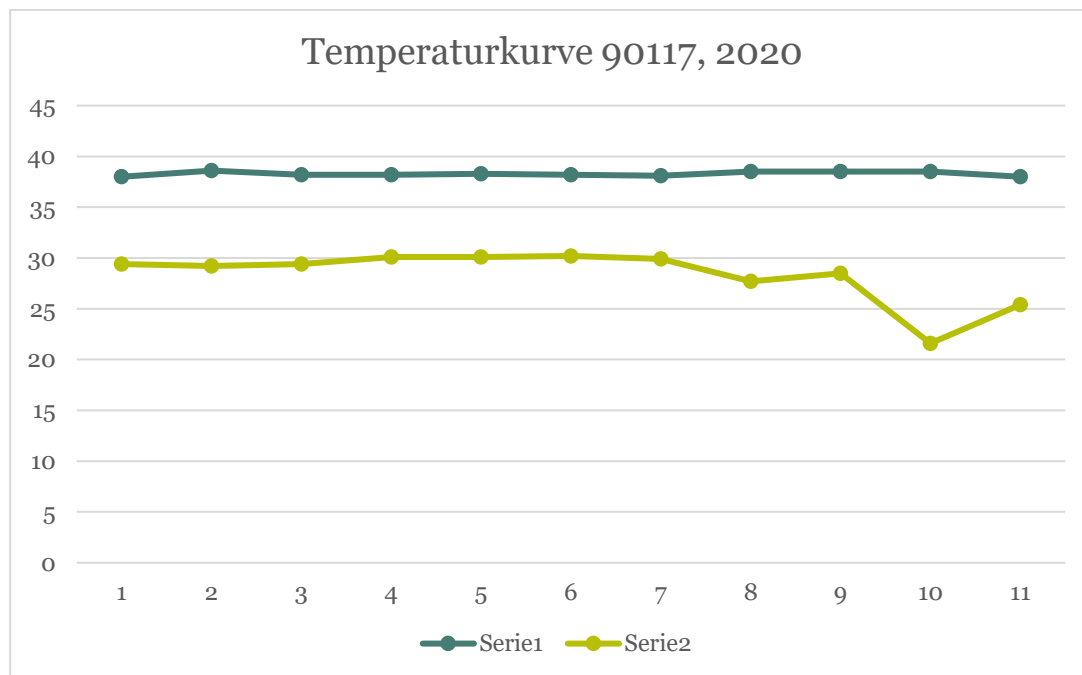
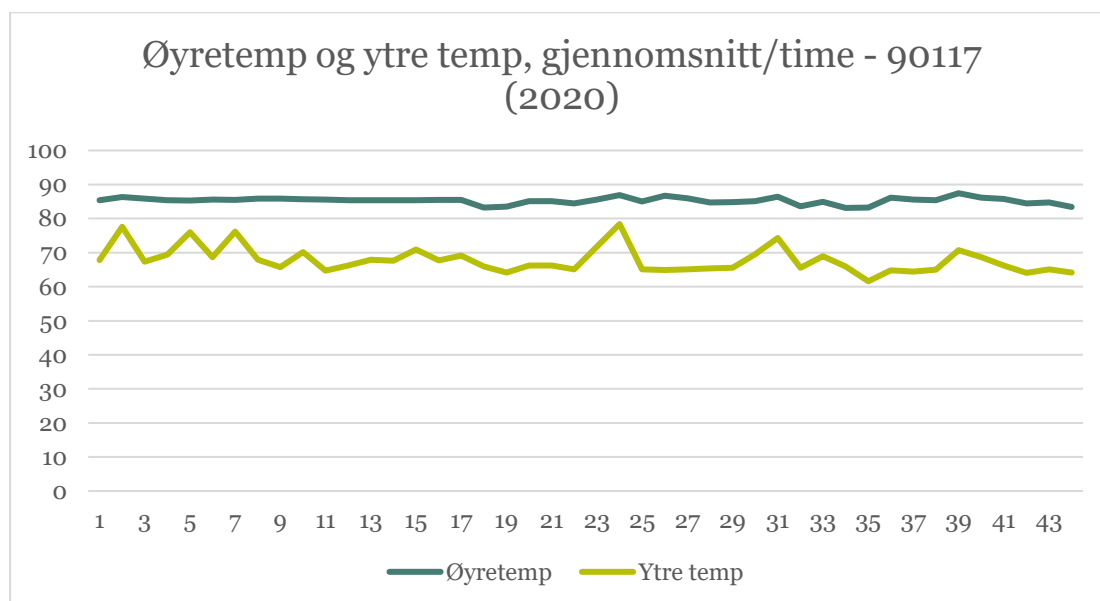


Fig. 11: Temperatur i grader Celcius målt med termometer (serie 1) og øyresensor (serie 2), x-akse : tid



Vedlegg 3

Statistiske analysar for å sjå på samanheng mellom øyretemperatur og kjernetemperatur

Method

Categorical predictor coding (1; 0)

Regression Equation

Tid

08 TR = 38,345 - 0,00715 TØ

20 TR = 38,586 - 0,00715 TØ

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	38,345	0,258	148,63	0,000	
TØ	-0,00715	0,00970	-0,74	0,467	1,01
Tid					
20	0,2408	0,0965	2,50	0,018	1,01

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,273945	17,63%	12,14%	0,79%

Analysis of Variance

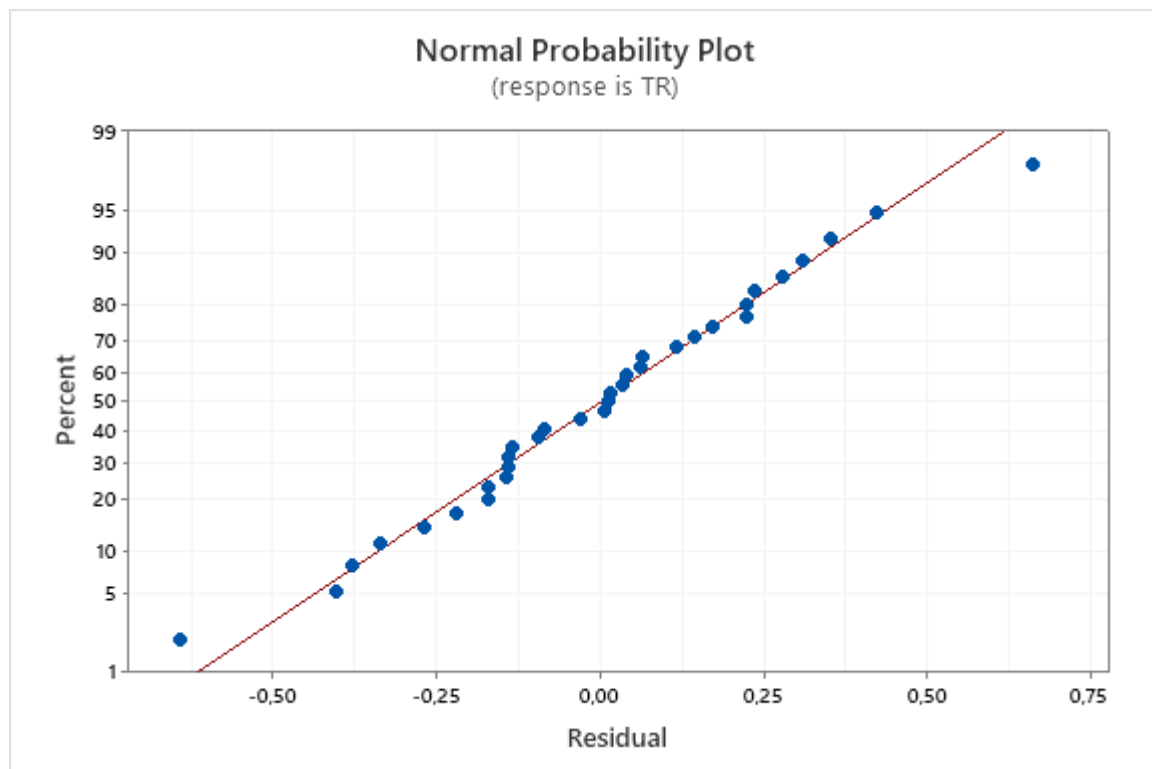
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	0,48195	0,24098	3,21	0,054
TØ	1	0,04073	0,04073	0,54	0,467
Tid	1	0,46756	0,46756	6,23	0,018
Error	30	2,25138	0,07505		
Lack-of-Fit	28	2,23138	0,07969	7,97	0,117
Pure Error	2	0,02000	0,01000		
Total	32	2,73333			

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

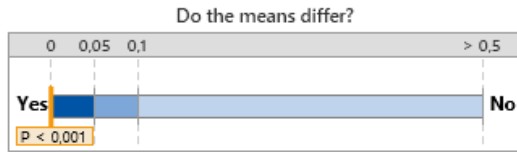
Obs	TR	Fit	Resid	Std Resid
3	37,500	38,143	-0,643	-2,43 R
8	38,300	38,267	0,033	0,15 X
10	38,000	38,271	-0,271	-1,23 X
14	38,800	38,139	0,661	2,50 R

R Large residual

X Unusual X



Paired t Test for the Mean of TR and TØ Summary Report



The mean of TR is significantly different from the mean of TØ ($p < 0,05$).

Paired Differences

Statistics	*Paired Differences
Sample size	33
Mean	11,970
95% CI	(10,176; 13,764)
Standard deviation	5,0591

*Difference = TR - TØ

Individual Samples

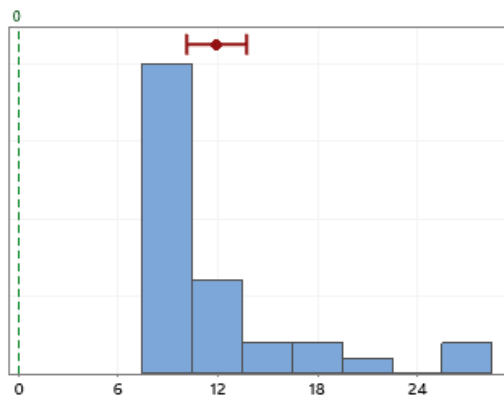
Statistics	TR	TØ
Mean	38,267	26,297
Standard deviation	0,29226	5,0295

Comments

- Test: You can conclude that the means differ at the 0,05 level of significance. The mean of the paired differences is greater than zero.
- CI: Quantifies the uncertainty associated with estimating the mean difference from sample data. You can be 95% confident that the true mean difference is between 10,176 and 13,764.
- Distribution of Differences: Compare the location of the differences to zero. Look for unusual differences before interpreting the results of the test.

Distribution of the Differences

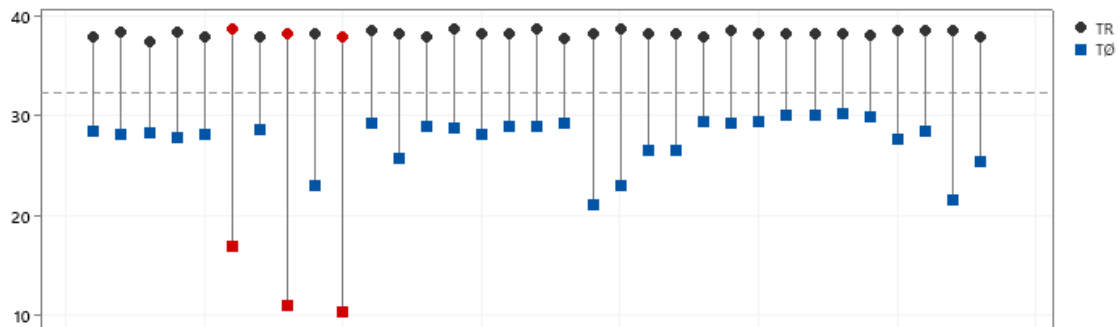
Where are the differences relative to zero?



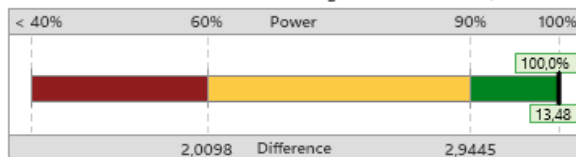
Paired t Test for the Mean of TR and TØ Diagnostic Report

Paired Data in Worksheet Order

Investigate any pairs with unusual differences (marked in red).



What is the chance of detecting a difference of 13,48?



For $\alpha = 0,05$ and sample size = 33:

If the true means differed by 13,48, you would have a 100,0% chance of detecting the difference.

What sample size is required to detect a difference of 13,48?

Sample size	Power
3	60%
4	70%
4	80%
4	90%
Your Sample	
33	100,0

Observed difference = 11,970

Power is a function of the sample size and the standard deviation. If the power is not satisfactory, consider increasing the sample size.

Method

Variance estimation Restricted maximum likelihood
DF for fixed effects Kenward-Roger

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ID	Random	3	50056; 90102; 90117
Tid	Fixed	2	08; 20

Variance Components

Source	Var	% of Total	SE Var	Z-Value	P-Value
ID	0,004146	20,92%	0,005583	0,742597	0,229
Error	0,015670	79,08%	0,004115	3,807887	0,000
Total	0,019816				

-2 Log likelihood = -31,149930

Tests of Fixed Effects

Term	DF Num	DF Den	F-Value	P-Value
Tid	1,00	29,00	0,01	0,910

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	AICc	BIC
0,125180	19,88%	17,29%	-26,72	-24,28

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	DF	T-Value	P-Value
Constant	1,554167	0,043137	2,01	36,028647	0,001
Tid					
08	-0,002500	0,021882	29,00	-0,114251	0,910

Marginal Fits and Diagnostics for Unusual Observations

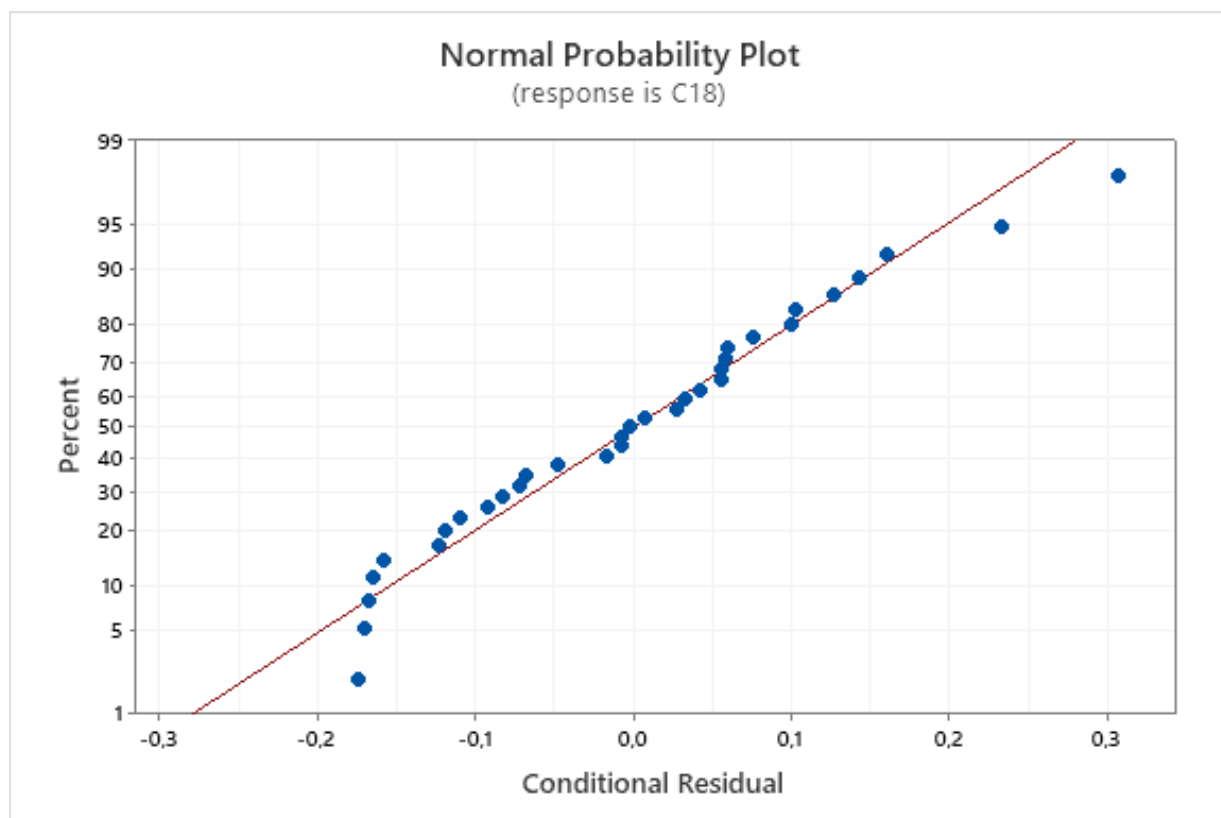
Obs	C18	Fit	Resid	Std Resid
17	1,880000	1,556667	0,323333	2,451933 R

R Large residual

Conditional Fits and Diagnostics for Unusual Observations

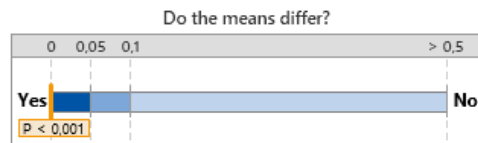
Obs	C18	Fit	Resid	Std Resid
17	1,880000	1,572680	0,307320	2,604918 R

R Large residual

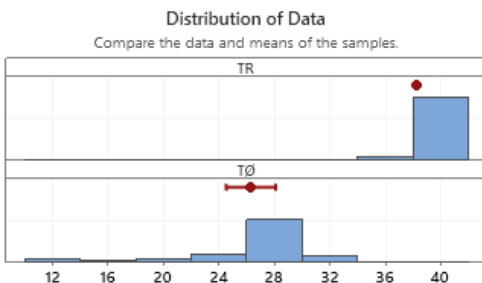
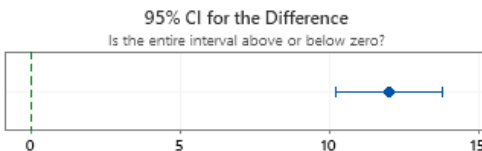


2-Sample t Test for the Mean of TR and TØ

Summary Report



The mean of TR is significantly different from the mean of TØ ($p < 0,05$).



Individual Samples		
Statistics	TR	TØ
Sample size	33	33
Mean	38,267	26,297
95% CI	(38,16; 38,37)	(24,514; 28,080)
Standard deviation	0,29226	5,0295

Difference Between Samples	
Statistics	*Difference
Difference	11,970
95% CI	(10,183; 13,756)

*Difference = TR - TØ

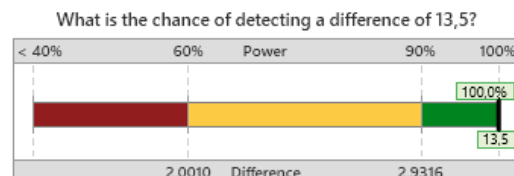
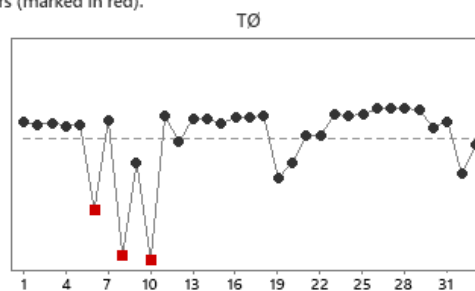
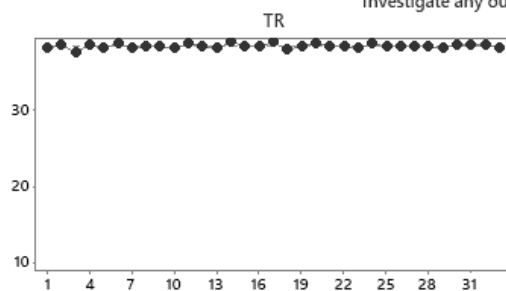
Comments

- Test: You can conclude that the means differ at the 0,05 level of significance.
- CI: Quantifies the uncertainty associated with estimating the difference in means from sample data. You can be 95% confident that the true difference is between 10,183 and 13,756.
- Distribution of Data: Compare the location and means of samples. Look for unusual data before interpreting the results of the test.

2-Sample t Test for the Mean of TR and TØ

Diagnostic Report

Data in Worksheet Order
Investigate any outliers (marked in red).



For $\alpha = 0,05$ and sample sizes = 33:
If the true means differed by 13,5, you would have a 100,0% chance of detecting the difference.

What sample sizes are required to detect a difference of 13,5?	
Each Sample	Power
3	60%
4	70%
4	80%
4	90%
Your Samples	
33; 33	100,0
Observed difference = 11,970	

Power is a function of the sample sizes and the standard deviations. If the power is not satisfactory, consider increasing the sample sizes.

